



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA


Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

Instalación fotovoltaica domestica de autoconsumo de 4,95 kW con conexión a la red monofásica y con 10,6 kWh de acumulación mediante baterías de litio de baja tensión

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

AUTOR/A: Pérez Sintés, Alberto

Tutor/a: Seguí Chilet, Salvador

CURSO ACADÉMICO: 2021/2022



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA
Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

TRABAJO FIN DE GRADO

Instalación fotovoltaica domestica
de autoconsumo de 4.95 kW con
conexión a la red monofásica y con
10,6 kWh de acumulación
mediante baterías de litio de baja
tensión.

Alumno:

Alberto Pérez Sintés

Especialidad:

Electrónica Industrial

Director Académico:

D. Salvador Seguí Chilet

Valencia, 14/09/2022

1. MEMORIA

1.	MEMORIA	2
1.1.	Justificación del proyecto	3
1.2.	Objeto del proyecto.	3
1.3.	Antecedentes.....	4
1.3.1.	Emplazamiento.....	4
1.3.2.	Climatología.....	5
1.3.3.	Datos de consumo.....	7
1.3.4.	Requisitos.....	10
1.3.5.	Normativa legal de baja tensión.....	11
1.3.6.	Normativa legal referente a subvenciones fotovoltaicas.....	13
1.4.	Descripción de las soluciones planteadas.	18
1.4.1.	Paneles.....	18
1.4.2.	Estructura	19
1.4.3.	Inversor.....	20
1.4.4.	Baterías	22
1.5.	Descripción de la solución adoptada.....	24
1.5.1.	Diagrama de funcionamiento.	24
1.5.2.	Dimensionamiento.....	25
1.5.3.	Protecciones y cableado.	35
1.5.4.	Planos eléctricos.	37
1.5.5.	Estudio económico.....	42
1.6.	Conclusiones.....	46
1.7.	Anexos.....	47



1.1. Justificación del proyecto

En mi caso he realizado este trabajo de fin de grado en esta temática por varios motivos, principalmente por la necesidad del cambio indispensable en nuestra sociedad por desarrollar y estudiar las energías renovables, en concreto la energía fotovoltaica, que es considerada una de las más importantes y productivas en la actualidad. También he sido motivado por la empresa en la que hice prácticas, dado que, al estudiar y desarrollar esta forma de producción de energía eléctrica me di cuenta de que es un campo que va a estar trabajándose de forma constante durante los próximos años, lo cual puede ofrecer opciones de trabajo a mucha gente en un futuro y es una oportunidad para adentrarme en el mundo laboral. El trabajo va a consistir en la elaboración de un sistema fotovoltaico que cumpla con las condiciones de consumo de un cliente, usando los datos de consumo, irradiancia solar, temperatura, y los datos técnicos de los equipos con los que se va a realizar el estudio.

1.2. Objeto del proyecto.

España es uno de los países que menos aprovecha la energía fotovoltaica a pesar de ser uno de los países con más irradiancia solar de Europa, y esto se puede mejorar mediante instalaciones fotovoltaicas en viviendas particulares conectadas a la red eléctrica, ya que la energía que no se aproveche la puede usar otra persona que no tenga un autoconsumo, ayudando así a la producción y consumo de energías limpias en nuestro país. El objetivo del proyecto es fomentar el consumo de la energía fotovoltaica en nuestro país y demostrar que la rentabilidad de una instalación fotovoltaica es atractiva a nivel económico, y para ello se realizará un estudio fotovoltaico y económico con datos reales de consumo y una estimación de producción lo más precisa posible, usando un método de estudio aprendido en las prácticas de empresa.

Este estudio se basará en el dimensionamiento de una instalación fotovoltaica para una vivienda particular conectada a la red eléctrica, en la cual se instalarán paneles fotovoltaicos y baterías de litio para la producción y acumulación de energía eléctrica, con posibilidad de vertido a red para obtener compensación por los excedentes energéticos, siguiendo la normativa de baja tensión y la normativa para aplicar las subvenciones correspondientes a la instalación. Este proyecto tratará de ajustarse lo más posible a los requisitos del cliente y a su consumo con el objetivo principal de ahorrar al menos un 60 % tanto en energía como económicamente.



Con relación a los objetivos académicos se pretende lograr los siguientes objetivos:

- La aplicación de los conocimientos adquiridos para solucionar un problema de ingeniería.
- Obtener conocimiento de búsqueda de normativa aplicable al proyecto a desarrollar.
- Resolver el proyecto mediante programas informáticos científicos y académicos.
- Familiarizarse con las metodologías y diseños para realizar este tipo de proyectos.
- Aprender a realizar documentos técnicos que contemplen varias soluciones y ser capaz de analizarlas desde el punto de vista más optimo.
- Realizar un estudio económico para aprender a obtener la rentabilidad de un proyecto.

1.3. Antecedentes.

En este apartado comentaremos los aspectos a tener en cuenta para en apartados posteriores plantear diferentes soluciones al problema planteado, los cuales son: localización, climatología, datos de consumo, requisitos del cliente, normativa de baja tensión y normativa para subvenciones.

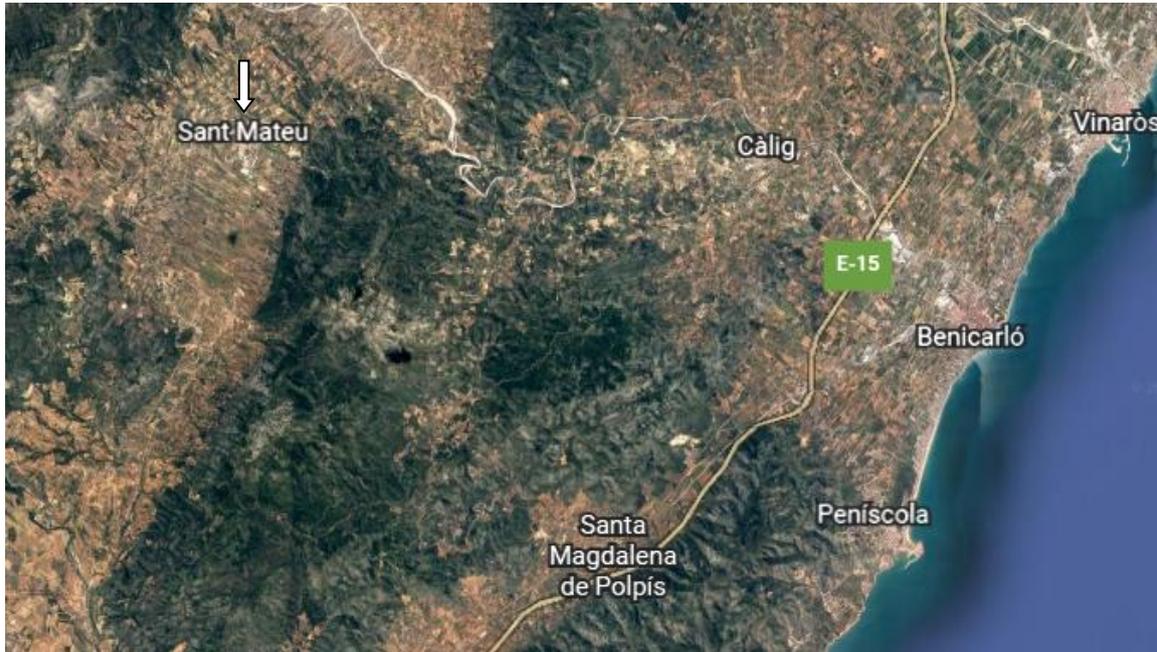
1.3.1. Emplazamiento.

Para empezar, describiremos la localización geográfica. La instalación se llevaría a cabo en la Localidad de Sant Mateu, un pueblo del maestrazgo en la provincia de Castellón, específicamente en las coordenadas latitud: 40° 27' 57" y longitud: 0° 10' 35". Es una zona que tiene todos los estándares del clima mediterráneo de montaña. El municipio se encuentra en un valle entre montañas, donde la montaña situada al este de la población queda mucha más cerca que la del oeste, de modo que en las horas matinales el día empieza más drásticamente mientras que la noche se acerca de una forma más constante.



Instalación fotovoltaica domestica de autoconsumo de 4,95 kW con conexión a la red monofásica y con 10,6 kWh de acumulación mediante baterías de litio de baja tensión.

La instalación se realizaría sobre un tejado de una vivienda que está localizada en la zona urbanizada del municipio. El tejado es de teja, con una superficie de 46m² aprovechables repartidos en unas dimensiones de 4,5 m · 10,3 m, una inclinación de 25° sobre el eje horizontal y orientado a unos -45° de azimut, es decir, quedando orientado al sureste.



SITUACIÓN GEOGRÁFICA

1.3.2. Climatología.

En este apartado describiremos la situación climática del emplazamiento mediante los datos de temperatura e irradiancia solar, los datos han sido obtenidos de la página web siguiente: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/.

La temperatura es un dato importante para los equipos de la instalación debido a que puede provocar una reducción en el rendimiento de producción con temperaturas altas y reduciendo la potencia ofrecida por el inversor y regulador con temperaturas bajas. De modo que los datos obtenidos se muestran en forma de una tabla de datos donde se expresa la temperatura media de cada hora de un día tipo de cada mes.



Instalación fotovoltaica domestica de autoconsumo de 4,95 kW con conexión a la red monofásica y con 10,6 kWh de acumulación mediante baterías de litio de baja tensión.

TABLA 1 TEMPERATURA AMBIENTE Cº

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0:00	4,46	4,59	6,77	9,30	12,71	16,85	20,12	20,04	16,83	13,13	8,08	5,06
1:00	4,24	4,35	6,47	8,92	12,29	16,34	19,61	19,59	16,45	12,82	7,87	4,88
2:00	4,06	4,15	6,20	8,60	11,92	15,92	19,15	19,19	16,12	12,57	7,71	4,76
3:00	3,91	3,98	5,97	8,32	11,62	15,58	18,76	18,86	15,80	12,34	7,57	4,64
4:00	3,78	3,81	5,78	8,10	11,38	15,27	18,43	18,55	15,53	12,14	7,45	4,52
5:00	3,67	3,66	5,63	7,93	11,21	15,08	18,17	18,29	15,30	11,99	7,36	4,43
6:00	3,59	3,51	5,49	8,11	12,34	16,70	19,26	18,57	15,17	11,82	7,29	4,34
7:00	3,70	3,61	6,21	10,48	15,22	19,62	22,02	21,08	16,85	12,36	7,37	4,33
8:00	3,88	4,69	8,92	13,10	17,10	21,33	23,89	23,34	19,69	14,95	8,55	4,60
9:00	6,03	7,70	11,39	14,62	18,55	22,76	25,46	25,03	21,39	17,36	11,33	6,86
10:00	8,91	9,85	12,88	15,86	19,72	23,95	26,79	26,42	22,74	18,75	13,16	9,80
11:00	10,40	11,15	14,02	16,79	20,60	24,80	27,82	27,44	23,71	19,77	14,21	11,24
12:00	11,31	12,06	14,85	17,34	21,08	25,26	28,39	28,03	24,29	20,42	14,91	12,03
13:00	11,84	12,59	15,28	17,56	21,25	25,37	28,60	28,17	24,46	20,69	15,25	12,43
14:00	11,99	12,74	15,32	17,46	21,19	25,31	28,45	27,98	24,32	20,56	15,22	12,47
15:00	11,67	12,47	15,00	17,11	20,89	25,03	28,06	27,55	23,88	20,07	14,76	12,03
16:00	10,80	11,77	14,33	16,50	20,34	24,52	27,50	26,91	23,17	19,18	13,82	10,99
17:00	9,38	10,59	13,32	15,68	19,57	23,81	26,73	26,05	22,22	17,98	12,47	9,51
18:00	7,96	9,11	11,97	14,57	18,55	22,85	25,72	24,96	21,07	16,76	11,26	8,19
19:00	7,06	7,96	10,59	13,22	17,15	21,50	24,29	23,60	20,02	15,91	10,42	7,28
20:00	6,11	6,87	9,48	12,16	15,95	20,27	23,13	22,67	19,18	15,07	9,58	6,46
21:00	5,44	6,03	8,54	11,23	14,92	19,28	22,24	21,88	18,37	14,38	8,96	5,89
22:00	5,01	5,41	7,80	10,44	14,06	18,37	21,45	21,14	17,68	13,81	8,48	5,52
23:00	4,70	4,96	7,26	9,82	13,39	17,60	20,76	20,50	17,13	13,36	8,15	5,26

La tabla expresa los datos en grados Celsius (Cº) y recopila los datos térmicos del año 2020 en un formato horario realizando la media de cada hora de cada día del mes correspondiente.

Como podremos observar más adelante, las temperaturas obtenidas no superan los límites térmicos de los dispositivos utilizados en la instalación.

En cuanto a la irradiancia, es un dato importante debido a que se usará para obtener la producción de energía eléctrica de la instalación fotovoltaica. Estos datos también influyen en la temperatura de las celdas de los paneles fotovoltaicos, de modo que también son importantes para poder calcular las pérdidas de producción por calentamiento. El formato de la tabla es el mismo que el de la tabla anterior, distribuido por horas de un día tipo de cada mes. Estos datos han sido obtenidos con unas magnitudes de inclinación de 25º y una orientación de -45º de azimut.



TABLA 2 IRRADIANCIA SOLAR W/M²

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5:00	0	0	0	0	38,41	74,92	37,46	0	0	0	0	0
6:00	0	0	3,13	145,94	236,63	283,34	250,2	179,52	83,26	0,01	0	0
7:00	0	45,56	225,38	373,8	440,55	491,16	452,92	402,49	328,33	238,9	76,61	0
8:00	247,6	336,34	452,83	559,72	631,16	676,37	645,1	590,68	527,9	441,26	333,53	260,92
9:00	431,68	509,49	623,73	707,55	755,89	803,93	798,64	737,85	665,56	547,75	647,42	417,01
10:00	532,15	615,09	710,79	763,09	797,07	855,71	687,93	809,64	732,24	628,99	562,08	506,25
11:00	576,29	658,98	737,1	762,08	794,04	849,1	881,32	813,25	733,55	644,56	565,86	529,21
12:00	547,29	619,87	671,99	706,28	740,26	795,65	840,52	775,79	685,06	571,93	519,64	482,49
13:00	452,62	521,65	582,37	607,27	648,32	697,8	732,21	675,83	584,23	470,63	411,29	389,33
14:00	315,35	393,09	451,69	464,39	514,01	558,43	581,53	530,31	439,44	33,66	266,29	255,06
15:00	156,96	236,18	291,15	315,14	355,43	387,15	405,31	358,05	274,69	178,98	119,86	113,61
16:00	31,66	75,09	125,42	158,58	187,64	219,21	222,05	177,88	125,35	62,78	25,28	15,25
17:00	0,01	14,44	51,25	81,36	102,13	116,84	111,18	91,33	54,36	6,53	0	0
18:00	0	0	0,44	20,09	49,37	65,54	66,74	39,54	1,49	0	0	0
19:00	0	0	0	0	0,32	8	7,06	0	0	0	0	0
20:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

La tabla expresa los datos en W/m², siguiendo la misma metodología de cálculo que la tabla anterior, debido a esto, las pérdidas por sombreado debido a la nubosidad o mal tiempo ya están comprendidas dentro de los mismos datos de la tabla.

Esta tabla se ha elaborado teniendo en cuenta que el día empieza cuando el dato de irradiancia es diferente a 0 W/m², de modo que, tal y como se comentó en el apartado de emplazamiento, se puede observar como el día empieza mucho más drásticamente en las horas matinales, mientras que la noche se acerca de forma más constante.

1.3.3. Datos de consumo.

Después de obtener los datos climáticos del emplazamiento, debemos estudiar la previsión de consumo del cliente, ya que es un dato indispensable para el dimensionamiento de la instalación. Para obtener los datos de consumo nos hemos basado en las facturas del cliente, de las cuales hemos podido obtener la siguiente tabla.



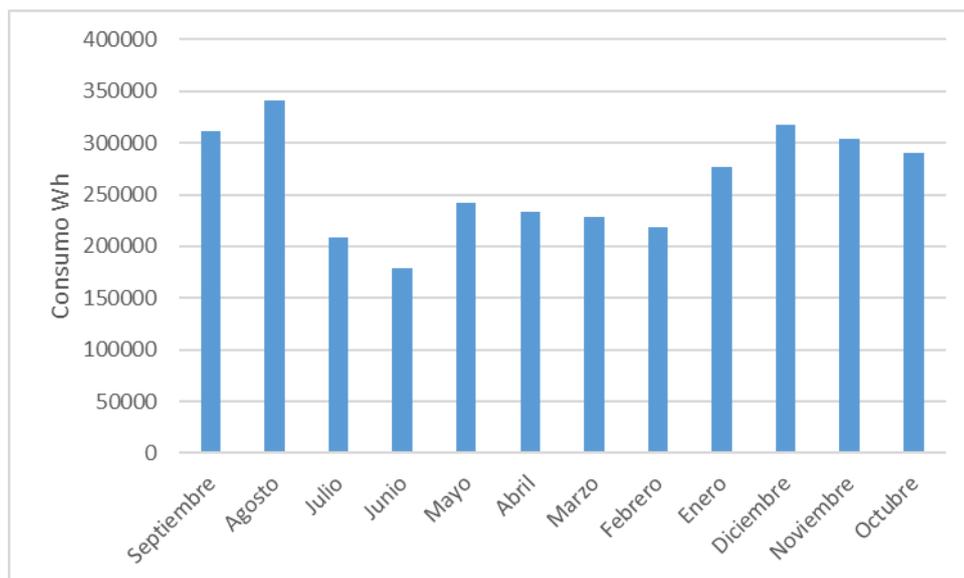
Instalación fotovoltaica domestica de autoconsumo de 4,95 kW con conexión a la red monofásica y con 10,6 kWh de acumulación mediante baterías de litio de baja tensión.

TABLA 3 CONSUMOS1 WH

Fecha inicio de factura	Fecha final de factura	Tarifa	Consumo activo P1	Consumo activo P2	Consumo activo P3	Total
29/08/2021 0:00:00	28/09/2021 0:00:00	18	83000 Wh	76000 Wh	152000 Wh	311000 Wh
27/07/2021 0:00:00	29/08/2021 0:00:00	18	85000 Wh	82000 Wh	174000 Wh	341000 Wh
28/06/2021 0:00:00	27/07/2021 0:00:00	18	54000 Wh	50000 Wh	105000 Wh	209000 Wh
31/05/2021 0:00:00	28/06/2021 0:00:00	18	49740 Wh	40980 Wh	88280 Wh	179000 Wh
27/04/2021 0:00:00	31/05/2021 0:00:00	4	125000 Wh	117000 Wh	0 Wh	242000 Wh
27/03/2021 0:00:00	27/04/2021 0:00:00	4	130000 Wh	103000 Wh	0 Wh	233000 Wh
23/02/2021 0:00:00	27/03/2021 0:00:00	4	132000 Wh	96000 Wh	0 Wh	228000 Wh
27/01/2021 0:00:00	23/02/2021 0:00:00	4	129000 Wh	90000 Wh	0 Wh	219000 Wh
28/12/2020 0:00:00	27/01/2021 0:00:00	4	152000 Wh	125000 Wh	0 Wh	277000 Wh
26/11/2020 0:00:00	28/12/2020 0:00:00	4	171000 Wh	147000 Wh	0 Wh	318000 Wh
27/10/2020 0:00:00	26/11/2020 0:00:00	4	156000 Wh	148000 Wh	0 Wh	304000 Wh
27/09/2020 0:00:00	27/10/2020 0:00:00	4	139000 Wh	151000 Wh	0 Wh	290000 Wh

Como se puede observar en la tabla, se expresan los datos de consumos en los diferentes periodos diarios de consumo establecidos por la tarifa de la comercializadora, diferenciando entre la tarifa 4 y la 18, podemos observar que una discrimina entre dos periodos y la otra entre tres periodos diferentes. Los datos de esta tabla comprenden los consumos concretamente desde el 27 de septiembre de 2020 hasta el 28 de septiembre de 2021, Obteniendo un total de 3151 kWh de consumo anual.

Si repartimos los datos de forma gráfica se puede observar claramente como los consumos del cliente se acentúan en los meses de más frío, esto se debe a que el cliente conecta de vez en cuando alguna calefacción eléctrica y que pasa más tiempo dentro de la vivienda.



GRÁFICA DE CONSUMOS ANUAL



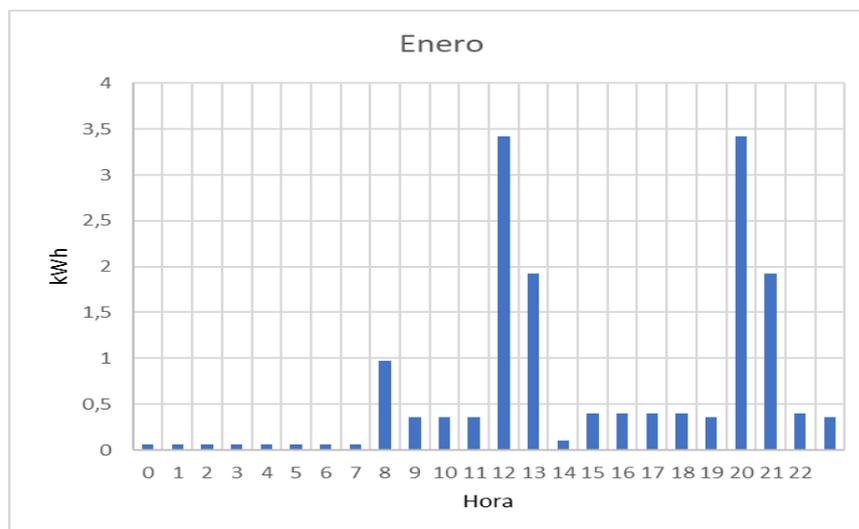
Instalación fotovoltaica domestica de autoconsumo de 4,95 kW con conexión a la red monofásica y con 10,6 kWh de acumulación mediante baterías de litio de baja tensión.

A todo esto, hay que añadirle el consumo de una cocina eléctrica de vitrocerámica que tiene 4 quemadores y una potencia de 6 kW que el cliente va a instalar en su vivienda. El cliente asegura que esta cocina va a estar conectada 2,5 horas al día al 50% de su capacidad de consumo aproximadamente, eso añade un total de 2737,5 kWh al año. Con lo cual el consumo anual asciende hasta los 5888,5 kWh. De modo que repartiremos los 5888,5 kWh usando la misma relación de consumo al mes. Finalmente obtenemos los siguientes consumos mensuales y diarios.

TABLA 4 CONSUMOS2 kWh

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
kWh/mes	517,65	409,26	426,08	435,42	452,24	334,51	390,57	637,25	581,19	541,94	568,11	594,27
kWh/día	16,70	14,62	13,74	14,51	14,59	11,15	12,60	20,56	19,37	17,48	18,94	19,17

El cliente también nos ha facilitado su hábito de consumo para poder hacer un estudio mucho más preciso. Nos ha asegurado que realiza prácticamente todos los días la misma rutina de consumo, teniendo por la noche los consumos residuales de nevera, dispositivos de telecomunicación y alguna toma de corriente para cargar algún dispositivo móvil. Una vez despertarse empiezan los consumos de microondas y luces, seguidamente consumos típicos como televisión, luces, etc, y finalmente los picos de consumo serían los referentes a la cocina eléctrica. Si interpretamos numéricamente repartiendo los consumos tal y como el hábito de consumos del cliente sugiere obtenemos la siguiente interpretación gráfica.



CONSUMOS HORARIOS DE ENERO

Finalmente, para poder observar los datos de forma más clara desarrollamos una tabla con los consumos horarios kWh de un día tipo de cada mes. Esta tabla la hemos obtenido repartiendo el consumo típico de cada electrodoméstico en su tiempo de conexión.



TABLA 5 CONSUMOS 3 kWh

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0:00	0,06	0,06	0,06	0,05	0,06	0,07	0,07	0,05	0,07	0,07	0,05	0,05
1:00	0,06	0,06	0,06	0,05	0,06	0,07	0,07	0,05	0,07	0,07	0,05	0,05
2:00	0,06	0,06	0,06	0,05	0,06	0,07	0,07	0,05	0,07	0,07	0,05	0,05
3:00	0,06	0,06	0,06	0,05	0,06	0,07	0,07	0,05	0,07	0,07	0,05	0,05
4:00	0,06	0,06	0,06	0,05	0,06	0,07	0,07	0,05	0,07	0,07	0,05	0,05
5:00	0,06	0,06	0,06	0,05	0,06	0,07	0,07	0,05	0,07	0,07	0,05	0,05
6:00	0,06	0,06	0,06	0,05	0,06	0,07	0,07	0,05	0,07	0,07	0,05	0,05
7:00	0,06	0,06	0,06	0,05	0,06	0,07	0,07	0,05	0,07	0,07	0,05	0,05
8:00	0,97	1,00	0,93	0,85	0,96	1,12	1,03	0,85	1,09	1,13	0,86	0,76
9:00	0,36	0,37	0,34	0,31	0,35	0,41	0,38	0,31	0,40	0,42	0,32	0,28
10:00	0,36	0,37	0,34	0,31	0,35	0,41	0,38	0,31	0,40	0,42	0,32	0,28
11:00	0,36	0,37	0,34	0,31	0,35	0,41	0,38	0,31	0,40	0,42	0,32	0,28
12:00	3,42	3,54	3,27	2,99	3,40	3,96	3,64	2,98	3,86	3,99	3,03	2,67
13:00	1,93	2,00	1,85	1,69	1,92	2,24	2,05	1,69	2,18	2,26	1,71	1,51
14:00	0,11	0,11	0,10	0,09	0,10	0,12	0,11	0,09	0,12	0,12	0,09	0,08
15:00	0,40	0,41	0,38	0,35	0,40	0,46	0,43	0,35	0,45	0,47	0,35	0,31
16:00	0,40	0,41	0,38	0,35	0,40	0,46	0,43	0,35	0,45	0,47	0,35	0,31
17:00	0,40	0,41	0,38	0,35	0,40	0,46	0,43	0,35	0,45	0,47	0,35	0,31
18:00	0,40	0,41	0,38	0,35	0,40	0,46	0,43	0,35	0,45	0,47	0,35	0,31
19:00	0,36	0,37	0,34	0,31	0,35	0,41	0,38	0,31	0,40	0,42	0,32	0,28
20:00	3,42	3,54	3,27	2,99	3,40	3,96	3,64	2,98	3,86	3,99	3,03	2,67
21:00	1,93	2,00	1,85	1,69	1,92	2,24	2,05	1,69	2,18	2,26	1,71	1,51
22:00	0,40	0,41	0,38	0,35	0,40	0,46	0,43	0,35	0,45	0,47	0,35	0,31
23:00	0,36	0,37	0,34	0,31	0,35	0,41	0,38	0,31	0,40	0,42	0,32	0,28

1.3.4. Requisitos.

En este apartado vamos a comentar los requisitos que nos ha planteado el cliente, ya que ha sido bastante específico en qué era en lo que estaba interesado:

- La instalación debe superar los 3,5 kW de potencia.
- La instalación debe poder funcionar en caso de que haya un corte en la red eléctrica.
- El inversor debe estar conectado a la red eléctrica.
- El inversor debe poder verter los excedentes de energía a red eléctrica.
- El inversor debe admitir ampliar la instalación fotovoltaica en un futuro.
- El inversor debe admitir baterías
- Las baterías deben ser de litio.
- Los resultados económicos deben ofrecer un ahorro del 60% o más.
- Debemos realizar el estudio conforme los requisitos para poder ser beneficiario de las subvenciones.



Instalación fotovoltaica domestica de autoconsumo de 4,95 kW con conexión a la red monofásica y con 10,6 kWh de acumulación mediante baterías de litio de baja tensión.

Teniendo en cuenta los requisitos del cliente debemos descartar algunas opciones como inversores de red puros, e inversores de aislada, dado que los inversores de red puros no funcionan si hay un corte en la red eléctrica y los inversores de aislada no tienen la posibilidad de verter los excedentes a la red eléctrica. También descartamos inversores que nos limiten la potencia fotovoltaica de producción a unos valores demasiado bajos ya que perderíamos la posibilidad de ampliar en un futuro. Descartamos los inversores que no sean híbridos ya que en los inversores sin cargador se necesita de un regulador de carga externo para poder cargar las baterías, y finalmente el conjunto tiene un coste mayor que un inversor híbrido. También descartamos baterías de plomo ácido, dado que si queremos obtener una subvención por la instalación de las baterías deben de ser de litio.

1.3.5. Normativa legal de baja tensión.

En este apartado vamos a nombrar la normativa legal referente a las instalaciones de baja tensión.

- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto de 2002).
- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. Documento Básico HE 5 "Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica".
- Orden FOM/1635/2013, de 10 de septiembre, por la que se actualiza el Documento Básico
- DB-HE "Ahorro de Energía" del Código Técnico de la Edificación, aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo.
- Real Decreto 732/2019, de 20 de diciembre (BOE 27-diciembre-2019).
- Real Decreto 1663/2000, de 29 de septiembre, sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión.
- Resolución de 31 de mayo de 2001 por la que se establecen modelo de contrato tipo y modelo de factura para las instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.
- Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico.



- Real Decreto 436/2004, de 12 de marzo, por el que se establece la metodología para la actualización y sistematización del régimen jurídico y económico de la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.
- Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Real Decreto 841/2002 de 2 de agosto por el que se regula para las actividades de producción de energía eléctrica en régimen especial su incentivación en la participación en el mercado de producción, determinadas obligaciones de información de sus previsiones de producción, y la adquisición por los comercializadores de su energía eléctrica producida.
- Real Decreto 1433/2003 de 27 de diciembre, por el que se establecen los requisitos de medida en baja tensión de consumidores y centrales de producción en Régimen Especial.
- Real Decreto 1565/2010, de 19 de noviembre, por el que se regulan y modifican determinados aspectos relativos a la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.
- Norma UNE-EN-IEC 61853-3-4 sobre Módulos fotovoltaicos. Criterios ecológicos.
- Norma UNE-EN 50380 sobre Informaciones de las hojas de datos y de las placas de características para los módulos fotovoltaicos.
- Norma UNE EN 60891 sobre Procedimiento de corrección con la temperatura y la irradiancia de la característica I-V de dispositivos fotovoltaicos de silicio cristalino.
- Norma UNE EN 60904 sobre Dispositivos fotovoltaicos. Requisitos para los módulos solares de referencia.
- Norma UNE 20460-7-712:2006 sobre Protección contra las sobretensiones de los sistemas fotovoltaicos (FV) productores de energía - Guía.
- Norma UNE EN 61194 sobre Parámetros característicos de sistemas fotovoltaicos (FV) autónomos.
- Norma UNE 61215 sobre Módulos fotovoltaicos (FV) de silicio cristalino para aplicación terrestre. Cualificación del diseño y aprobación tipo.



Instalación fotovoltaica domestica de autoconsumo de 4,95 kW con conexión a la red monofásica y con 10,6 kWh de acumulación mediante baterías de litio de baja tensión.

- Norma UNE EN 61277 sobre Sistemas fotovoltaicos (FV) terrestres generadores de potencia. Generalidades y guía.
- Norma UNE EN 61453 sobre Ensayo ultravioleta para módulos fotovoltaicos (FV).
- Norma UNE EN 61646:1997 sobre Módulos fotovoltaicos (FV) de lámina delgada para aplicación terrestre. Cualificación del diseño y aprobación tipo.
- Norma UNE EN 61683 sobre Sistemas fotovoltaicos. Acondicionadores de potencia. Procedimiento para la medida del rendimiento.
- Norma UNE EN 61701 sobre Ensayo de corrosión por niebla salina de módulos fotovoltaicos (FV).
- Norma UNE EN 61721 sobre Susceptibilidad de un módulo fotovoltaico (FV) al daño por impacto accidental (resistencia al ensayo de impacto).
- Norma UNE EN 61724 sobre Monitorización de sistemas fotovoltaicos. Guías para la medida, el intercambio de datos y el análisis.
- Norma UNE EN 61725 sobre Expresión analítica para los perfiles solares diarios.
- Norma UNE EN 61727 sobre Sistemas fotovoltaicos (FV). Características de la interfaz de conexión a la red eléctrica.
- Norma UNE EN 61829 sobre Campos fotovoltaicos (FV) de silicio cristalino. Medida en el sitio de características I-V.

1.3.6. Normativa legal referente a subvenciones fotovoltaicas.

En este apartado comentaremos la normativa legal de las subvenciones referentes a las instalaciones fotovoltaicas de la comunidad valenciana en 2022:

Ayudas para la realización de instalaciones de autoconsumo con fuentes de energía renovable, en el sector residencial, las administraciones públicas, y el tercer sector con o sin almacenamiento (Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia, en el ámbito territorial de la Comunidad Valenciana).

Se convocan, para el ejercicio 2022, las subvenciones destinadas a financiar inversiones dentro del Programa de Incentivos 4, y en concreto la realización de instalaciones de



Instalación fotovoltaica domestica de autoconsumo de 4,95 kW con conexión a la red monofásica y con 10,6 kWh de acumulación mediante baterías de litio de baja tensión.

autoconsumo con fuentes de energía renovable, en el sector residencial, las administraciones públicas, y el tercer sector con o sin almacenamiento, en el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia, de acuerdo con las bases reguladoras aprobadas por el Real Decreto 477/2021, de 29 de junio.

Estas ayudas se enmarcan dentro de los objetivos del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, y del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia, establecido por el Reglamento (UE) 2021/241, del Parlamento Europeo y el Consejo de 12 de febrero de 2021, así como a la consecución de los objetivos fijados por el PNIEC 2021-2030 y la Estrategia de Almacenamiento Energético, en cuanto al despliegue e integración de las energías renovables así como el almacenamiento con fuentes de energía renovable, contribuyendo con ello a la «descarbonización» en el ámbito de la Comunitat Valenciana.

Podrán ser personas beneficiarias de las subvenciones en el ámbito territorial de la Comunitat Valenciana, siempre que cumplan con los requisitos establecidos en el RD477/2021, de 29 de junio:

- Personas físicas que no realicen ninguna actividad económica por la que ofrezcan bienes y/o servicios en el mercado.
- Las entidades locales de la Comunitat Valenciana y el sector público institucional de cualesquiera Administraciones Públicas en la Comunitat Valenciana a que se refiere el artículo 2.2 de la Ley 40/2015 de 1 de octubre, de Régimen Jurídico del Sector Público, éste último siempre que no realice ninguna actividad económica por la que ofrezcan bienes y/o servicios en el mercado.
- Las personas jurídicas que no realicen ninguna actividad económica, por la que ofrezcan bienes y/o servicios en el mercado, incluyendo las entidades u organizaciones del tercer sector. A efectos del Real Decreto 477/2021, se entiende como entidades u organizaciones del tercer sector las entidades u organizaciones privadas sin ánimo de lucro que no realicen ninguna actividad económica, por la que ofrezcan bienes y/o servicios en el mercado.



Instalación fotovoltaica domestica de autoconsumo de 4,95 kW con conexión a la red monofásica y con 10,6 kWh de acumulación mediante baterías de litio de baja tensión.

- Las personas físicas que realicen alguna actividad económica, por la que ofrezcan bienes y/o servicios en el mercado, en cuyo caso habrán de estar dados de alta en el Censo de Empresarios, Profesionales y Retenedores de la Agencia Estatal de Administración Tributaria, y estarán sometidos a los requisitos y límites establecidos en el Reglamento (UE) nº 1407/2013 de la Comisión, de 18 de diciembre de 2013, relativo a la aplicación de los artículos 107 y 108 del Tratado de Funcionamiento de la Unión Europea a las ayudas de minimis. (DOUE L 352 de 24.12.2013), que ha sido modificado por el Reglamento (UE) n.º 2020/972 de la Comisión, de 2 de julio de 2020, por el que se modifican el Reglamento (UE) nº 1407/2013 en lo que respecta a su prórroga y el Reglamento (UE) nº 651/2014 en lo que respecta a su prórroga y los ajustes pertinentes (DOUE L 215 de 07.07.2020).
- Comunidades de propietarios, reguladas por la Ley 49/1960, de 21 de julio, sobre propiedad horizontal, que habrán de cumplir con lo previsto en la Ley 38/2003, de 17 de noviembre.
- Las comunidades de energías renovables y las comunidades ciudadanas de energía, según definición de la Directiva 2018/2001, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de diciembre de 2018, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables, y de la Directiva 2019/944, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 5 de junio de 2019, sobre normas comunes para el mercado interior de la electricidad y por la que se modifica la Directiva 2012/27/UE, respectivamente, así como del artículo 4 del Real Decreto-ley 23/2020, de 23 de junio, por el que se aprueban medidas en materia de energía y en otros ámbitos para la reactivación económica, cuando no realicen ninguna actividad económica por la que ofrezcan bienes y/o servicios en el mercado.

Requisitos de las actuaciones:

- Se consideran actuaciones subvencionables la realización de instalaciones de autoconsumo con fuentes de energía renovable, en el sector residencial, las administraciones públicas y el tercer sector, con o sin almacenamiento, cuando su fecha de inicio sea posterior al 30 de junio de 2021, de acuerdo con lo establecido en el apartado 6 del art.13 del RD 477/2021, de 29 de junio.



Instalación fotovoltaica domestica de autoconsumo de 4,95 kW con conexión a la red monofásica y con 10,6 kWh de acumulación mediante baterías de litio de baja tensión.

- Las actuaciones de generación renovable subvencionables incluyen tanto actuaciones fotovoltaicas como eólicas, en ambos casos para autoconsumo, incluye las instalaciones de autoconsumo y los sistemas de almacenamiento, en este último caso cuando potestativamente se hayan incorporado a las instalaciones de autoconsumo.

Para cada tecnología (eólica o fotovoltaica) sólo será elegible una actuación por destinatario último de la ayuda y por ubicación o ligadas al mismo consumo o consumos.

A los efectos de esta convocatoria, se entiende por instalaciones de autoconsumo las establecidas en el Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica. También se consideran actuaciones subvencionables las instalaciones aisladas de la red no reguladas en el Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica.

- La subvención máxima por percibir se corresponderá con los 5 primeros MW de potencia de la instalación. Se permite la instalación de potencias superiores a este límite, pero en ningún caso podrán percibir ayuda por la potencia que supere los 5 MW indicados.
- Asimismo, para ser elegible a los efectos de las bases reguladas en el Real Decreto 477/2021, de 29 de junio, se entiende por instalación de almacenamiento aquellas en las que se difiere el uso final de electricidad a un momento posterior a cuando fue generada, o que realizan la conversión de energía eléctrica en una forma de energía que se pueda almacenar para la subsiguiente reconversión de dicha energía en energía eléctrica. Para que estas instalaciones sean elegibles, se deberá dar la condición de que el almacenamiento no esté directamente conectado a la red, sino que será parte de la instalación de autoconsumo.
- Todas las instalaciones deberán contar con un sistema de monitorización de la energía eléctrica producida por la instalación objeto de subvención. Dicho sistema deberá mostrar como mínimo la producción energética renovable en términos diario, mensual y anual, y el correspondiente consumo energético para los mismos periodos. El sistema podrá mostrar datos adicionales como, por ejemplo, emisiones de CO2 evitadas y ahorro económico generado para la persona propietaria de la instalación. Deberán disponer de una pantalla que muestre de forma actualizada estos datos, excepto para el sector residencial, en un lugar visible, y que deberá ser accesible a través de dispositivo móvil.



Instalación fotovoltaica domestica de autoconsumo de 4,95 kW con conexión a la red monofásica y con 10,6 kWh de acumulación mediante baterías de litio de baja tensión.

- En cómputo anual, la suma de la energía eléctrica consumida por parte del consumidor o consumidores asociados a la instalación objeto de ayuda debe ser igual o mayor al 80 % de la energía anual generada por la instalación.
- En instalaciones solares fotovoltaicas, la potencia de la instalación de generación hace referencia a las potencias máximas unitarias de los módulos fotovoltaicos que configuran la instalación (conocida comúnmente como potencia pico)
- Estarán sometidos a los requisitos y límites establecidos en el Reglamento (UE) n.º 1407/2013 de la Comisión, de 18 de diciembre de 2013, relativo a la aplicación de los artículos 107 y 108 del Tratado de Funcionamiento de la Unión Europea a las ayudas de minimis (DOUE L 352 de 24.12.2013), que ha sido modificado por el Reglamento (UE) n.º 2020/972 de la Comisión, de 2 de julio de 2020, por el que se modifican el Reglamento (UE) n.º 1407/2013 en lo que respecta a su prórroga y el Reglamento (UE) n.º 651/2014 en lo que respecta a su prórroga y los ajustes pertinentes (DOUE L 215 de 07.07.2020) de acuerdo con el artículo 3.2 del Reglamento, el importe total de ayuda bajo este concepto de minimis, concedida por un Estado miembro a una única empresa, no excederá de 200.000€ durante cualquier periodo de tres ejercicios fiscales.

Las ayudas de minimis concedidas con arreglo a este reglamento podrán acumularse con:

- Otras ayudas de minimis concedidas con arreglo al Reglamento (UE) nº 360/2012 de la Comisión hasta el límite máximo establecido en este último Reglamento
- Otras ayudas de minimis concedidas con arreglo a otros reglamentos de minimis hasta el límite máximo pertinente que se establece en el artículo 3, apartado 2, de este Reglamento 1407/2013 (200.000 euros en tres ejercicios fiscales).
- No se acumularán con ninguna ayuda estatal en relación con los mismos gastos subvencionables o con ayuda estatal para la misma medida de financiación de riesgo, si dicha acumulación excediera de la intensidad de ayuda o del importe de ayudas superior correspondiente fijado en las circunstancias concretas de cada caso por un reglamento de exención por categorías o una decisión adoptados por la Comisión. Las ayudas de minimis que no se concedan para costes subvencionables específicos ni puedan atribuirse a costes subvencionables específicos podrán acumularse con otras ayudas estatales concedidas en virtud de un reglamento de exención por categorías o de una decisión adoptados por la Comisión.



Instalación fotovoltaica domestica de autoconsumo de 4,95 kW con conexión a la red monofásica y con 10,6 kWh de acumulación mediante baterías de litio de baja tensión.

Como conclusión, la normativa que debemos seguir para dimensionar la instalación y que el cliente siga pudiendo beneficiarse de las subvenciones es la siguiente:

- La instalación debe empezarse posteriormente al 30 de Julio del 2021.
- Las baterías no deben cargarse directamente de la red.
- La instalación debe estar monitorizada mediante una aplicación informática.
- El consumo anual debe ser mayor o igual al 80% de la energía producida.

1.4. Descripción de las soluciones posibles.

En este apartado desarrollaremos las posibles soluciones que pueden darse al problema planteado en el proyecto, teniendo ya en cuenta los requisitos que nos ha planteado el cliente. Plantearemos que modelos de estructuras son adecuados para la instalación, qué tipos y modelos de inversores son más adecuados para realizar la instalación, y qué baterías y paneles son los más correctos.

1.4.1. Paneles

Con respecto a los paneles solares, debemos fijarnos sobre todo en el precio y en la garantía que ofrecen, ya que prácticamente todos los paneles ofrecen unas características muy similares, y son los mismos materiales de fabricación. De modo que escogeremos paneles monocristalinos con tecnología de célula partida para reducir el efecto de los sombreados, ya que gracias al uso de la célula partida la corriente que circula por el panel se divide en dos partes y las pérdidas por resistencia térmica disminuyen, y tienen una mejor disipación del calor respecto a una célula convencional con lo que también hay una menor posibilidad de tener un punto caliente en el futuro. Debido a que el panel está dividido en dos cadenas conectadas entre sí en paralelo, si tenemos el efecto de un sombreado parcial, con lo cual otra la mitad del panel sigue trabajando por lo que disminuimos muy considerablemente las pérdidas.

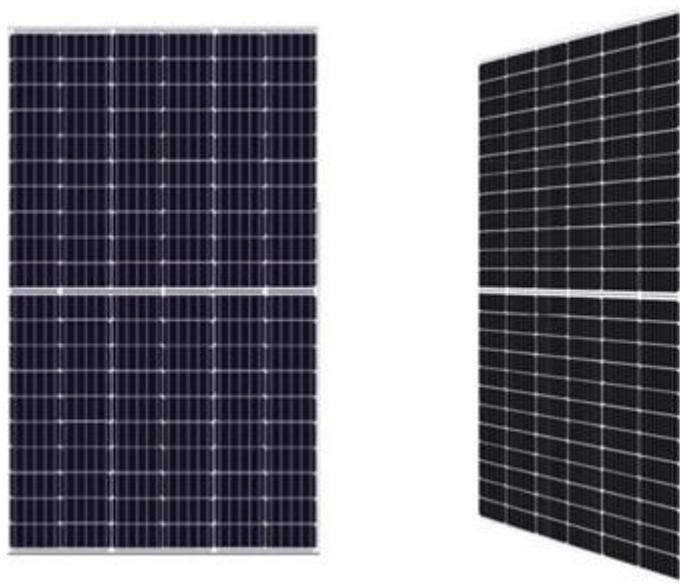


Instalación fotovoltaica domestica de autoconsumo de 4,95 kW con conexión a la red monofásica y con 10,6 kWh de acumulación mediante baterías de litio de baja tensión.

Los paneles de la marca Ulica de 455W de potencia son perfectamente compatibles con el estudio y ofrecen una garantía de 25 años en potencia y 10 en defectos de fabricación con un precio PVP de 207 €

Los paneles de la marca Canadian Solar de 455W también son perfectamente compatibles con el estudio y ofrecen una garantía de 25 años en potencia y 12 en defectos de fabricación con un precio PVP de 249,75 €.

Ambas marcas de paneles son perfectamente elegibles para el estudio, pero la diferencia de precios entre ellos hace a la marca Ulica más atractiva a pesar de perder 2 años de garantía en defectos de fabricación.



PANEL SOLAR ULICA Y CANADIAN SOLAR DE 455W.

1.4.2. Estructura

Para plantearnos qué estructura debemos aplicar, tenemos que fijarnos en el tipo de tejado donde van a ir instalados los paneles. Como ya se explicó anteriormente, el tejado es de teja, con una superficie de 46m² aprovechables, con una inclinación de 20° sobre el eje horizontal y orientado a unos -45° de azimut.



Instalación fotovoltaica domestica de autoconsumo de 4,95 kW con conexión a la red monofásica y con 10,6 kWh de acumulación mediante baterías de litio de baja tensión.

Como el tejado no está orientado exactamente hacia el sur se puede realizar una pequeña obra en el tejado para construir una superficie plana donde poder colocar los paneles de manera que queden orientados perfectamente al sur. Esta opción es un poco drástica y exagerada debido a que realizar una superficie de obra en el tejado es cambiar la estructura de la vivienda y tiene un precio muy elevado, y en cambio, asumir las pérdidas por orientación colocando un par de paneles más, resulta más económico que realizar dicha obra.

Como alternativa a la construcción de una superficie plana tenemos la posibilidad de colocar marquesinas con soportes de diferentes longitudes para compensar la inclinación del tejado. El único inconveniente que suponen estas estructuras es que no tienen un diseño tan robusto y no aguantan vientos con tanta fuerza.

La solución óptima sería colocar estructuras coplanares con salva teja para reducir el impacto del viento y evitar la posibilidad de generar una gotera durante la instalación. Las estructuras coplanares aprovecharían la inclinación del tejado de 25°, y quedarían orientadas hacia el sureste.

1.4.3. Inversor

Para cumplir con los requisitos del cliente se explicó anteriormente que el tipo de inversor que necesitamos para realizar la instalación tiene que ser un inversor híbrido con conexión a red. De modo que los inversores híbridos de aislada como podrían ser la marca Studer o Axpert quedan completamente descartadas, dado que a pesar de tener un puerto eléctrico de corriente alterna no pueden verter los excedentes de producción energética. Mediante un inversor de red y un regulador de carga podemos generar una instalación muy parecida que cumple con los requisitos del cliente, pero el sistema tiene un coste bastante elevado si lo comparamos con un inversor híbrido.

Los inversores híbridos son la mejor solución en cuanto a nuestro problema se refiere, ya que al funcionar tanto de inversor como regulador de carga a la vez ofrecen una versatilidad muy superior a los otros tipos de inversor a un precio más asequible. Sobre estos tipos de inversores podemos encontrar diferentes marcas bastante reconocidas en el mercado, Todos tienen en común unas prestaciones similares con las cuales se puede configurar el inversor para aceptar una distorsión armónica mayor o menor, posibilidad de no verter energía producida a la red, comunicación directa con baterías de litio y otras muchas opciones de configuración.



Instalación fotovoltaica domestica de autoconsumo de 4,95 kW con conexión a la red monofásica y con 10,6 kWh de acumulación mediante baterías de litio de baja tensión.

Plantaremos principalmente tres opciones de inversores, que, por la experiencia adquirida en las prácticas de empresa, están teniendo mucho éxito en el mercado: Huawei, Azzurro y Deye.

Empezando por la marca de inversores Huawei debemos destacar que son inversores con una garantía bastante extensa y de una buena calidad. El único inconveniente que tienen es que no son compatibles con otras marcas, de modo que si se adquiriera un producto Huawei estaríamos obligados a comprar los demás productos de la misma marca. Esto es un punto a favor y en contra, ya que esta exclusividad de la marca Huawei obliga a que se trabaje con productos de la misma marca, lo cual nos aporta seguridad en el funcionamiento, pero obliga al cliente a pagar un precio mucho mayor por un conjunto de productos que tienen las mismas prestaciones que los demás inversores planteados.

Los inversores Azzurro son inversores de una calidad similar a la de los inversores Huawei, pero con un funcionamiento diferente ya que la mayoría de los inversores de esta marca no son híbridos con lo cual se necesita adquirir un cargador de baterías a parte para poder almacenar la energía producida. Esta marca también dispone de inversores híbridos pero que finalmente resultan más caros que incluso los inversores Huawei que pueden ofrecer más prestaciones que los Azzurro.

Los inversores de la marca Deye son inversores de gran calidad y muy fáciles de configurar. Los resultados que está ofreciendo en muchas instalaciones están siendo muy positivos y su relación calidad precio está muy por encima de otras marcas siendo capaz de ofrecer más prestaciones que otros inversores más conocidos como Victron, Fronius o incluso Huawei. Estos inversores tienen una funcionalidad muy amplia pudiendo trabajar tanto en aislada como conectado a red, a comparación de los inversores Huawei y Azzurro, de modo que, si el cliente quisiera desconectarse de la red, podría hacerlo con solo cambiar la configuración del inversor. Los inversores Deye tienen una funcionalidad que otros inversores no tienen con la cual se puede aprovecharla energía sobrante del sistema de producción para usarla en consumos secundarios como cargar la batería de un coche eléctrico o usarla para hacer funcionar un aire acondicionado, en lugar de verterla a la red eléctrica. El único inconveniente que pueden tener es que es una marca relativamente nueva, de forma que los propios fabricantes siguen sacando mejoras en el equipo tanto en hardware como en software, y lanzando nuevas versiones del equipo. Pero a pesar de ello, las versiones actuales son perfectamente funcionales en cuanto al servicio que pueden ofrecer, teniendo más versatilidad que muchas otras marcas.



Instalación fotovoltaica domestica de autoconsumo de 4,95 kW con conexión a la red monofásica y con 10,6 kWh de acumulación mediante baterías de litio de baja tensión.



INVERSORES HUAWEI, AZZURRO Y DEYE.

1.4.4. Baterías

Tal y como se explicó anteriormente, el cliente pidió expresamente que las baterías fueran de litio. Esta es una buena elección debido a que las baterías estacionarias de plomo ácido necesitan de mantenimiento rutinario debido a que emiten gases al ecualizar. Esto puede resultar un inconveniente y una incomodidad para el cliente, ya que la instalación al estar ubicada en zona residencial, el cliente no dispone de un almacén o habitáculo donde pueda colocar las baterías, además de que muchos la mayoría de los inversores híbridos con conexión a red, no pueden ecualizar estas baterías, de modo que la vida útil de estas se reduciría considerablemente. Debido esto si se quieren instalar baterías, la mejor opción es la escogida por el cliente, que es instalar baterías de litio. Compararemos tres marcas del mercado en cuanto a calidad y precio. Estas marcas son las que aparecen a continuación, las cuales son perfectamente funcionales y cumplen con toda la normativa exigida para su instalación.

La batería de litio Huawei Luna2000 de 5kWh de energía útil es una batería formada por 1 módulo de 5kWh y 1 módulo de control. Es ampliable mediante la conexión de módulos en paralelo hasta 30kWh, y se pueden configurar para trabajar en alto voltaje. El único inconveniente es que solo funcionan en instalaciones que tengan un inversor Huawei.



Instalación fotovoltaica domestica de autoconsumo de 4,95 kW con conexión a la red monofásica y con 10,6 kWh de acumulación mediante baterías de litio de baja tensión.

Las baterías de litio Pylontech tienen dos modelos que trabajen a 48V, el modelo US2000C y el modelo US3000C, con 2,4kWh y 3,55kWh de acumulación respectivamente. Es compatible con una gran variedad de inversores, proporciona una vida útil de 6000 ciclos de carga y descarga al 90% de su capacidad, y tienen unos precios bastante competitivos en el mercado. Aun así, no tienen un diseño tan robusto como lo podrían tener las baterías Luna o Weco.

Las baterías de la marca Weco son unas baterías de las más avanzadas del mercado, ofrecen desde 7000 ciclos de carga y descarga hasta 7800 ciclos dependiendo del modelo. Existen dos modelos actualmente el 5K3 y el 4K4 con unos 5,3kWh y 4,4kWh de capacidad respectivamente. Principalmente nos fijaremos en el modelo 5K3 que tiene una posibilidad de descarga del 100% y se puede ampliar hasta 212kWh en bajo voltaje y 768kWh en alto voltaje. Esta marca dispone de un balanceador de celdas activo que permite balancearlas cargando las celdas con tensiones más bajas usando la energía de las celdas con tensiones más altas, a diferencia de otras marcas que usan un balanceador basado en una resistencia para descargar las celdas con más tensión. Estas baterías tienen una comunicación universal que permite la compatibilidad con casi todos los inversores del mercado.



BATERÍAS LUNA, PYLONTECH Y WECO.

1.5. Descripción de la solución adoptada.

A partir de las soluciones planteadas, elegiremos las mejores opciones de productos. Fijándonos sobre todo en la funcionalidad del sistema. Como conclusión hemos decidido realizar el estudio con las estructuras coplanares 02V del catálogo de Sunfer Energy, debido al aprovechamiento de espacio y la baja inversión económica. El inversor de 5000 W de Deye modelo SG03LP1-EU, por la versatilidad, y funcionalidades que ofrece a un precio muy competente. Las baterías Weco modelo 5k3 con 5,3 KW de acumulación, por el BMS activo y el precio intermedio, además de la garantía del fabricante. Los paneles Ulica 455W por la diferencia de precio ya que las funcionalidades, materiales y parámetros son prácticamente los mismos.

1.5.1. Diagrama de funcionamiento.

En este apartado explicaremos el funcionamiento del sistema mediante el siguiente diagrama.

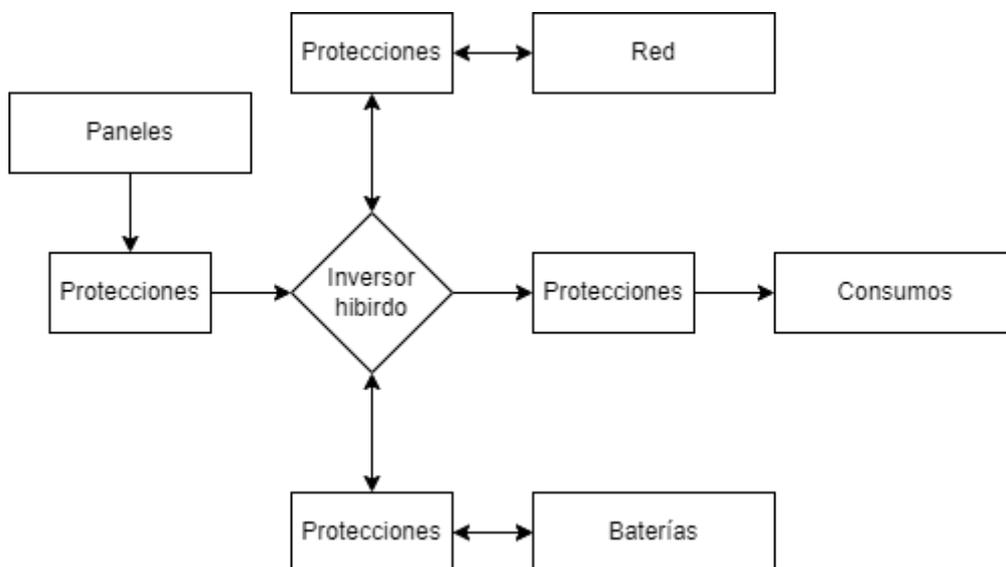


DIAGRAMA DE FUNCIONAMIENTO.



Instalación fotovoltaica domestica de autoconsumo de 4,95 kW con conexión a la red monofásica y con 10,6 kWh de acumulación mediante baterías de litio de baja tensión.

El funcionamiento es el equivalente al de una instalación de autoconsumo básica, de modo que la energía que se genera en el conjunto de paneles en forma de corriente continua se hace pasar por una fusible y finalmente llega al inversor, que dependiendo de cómo estén conectados los paneles, si en serie o en paralelo, puede estar a una tensión más elevada o a un amperaje mayor. Esta corriente llegará al inversor, donde se transforma a corriente alterna para alimentar los consumos o se le estabiliza la tensión a 48V para cargar las baterías, esta tensión puede variar debido a la comunicación directa entre baterías e inversor ya que si el inversor detecta que las baterías necesitan cargarse a más tensión para poder llegar al 100% de carga el propio inversor realiza una curva de carga monitorizada continuamente por la comunicación entre ambos dispositivos. Finalmente, si el sistema produce energía suficiente para alimentar los consumos el excedente se almacenará en las baterías, y si las baterías están llenas pasará a verter energía a la red. Pero, en caso de necesitar más energía para alimentar los consumos porque la producción no es suficiente, el sistema primero usará la energía almacenada, y si las baterías están vacías, la red eléctrica ofrecerá la energía que falte para el correcto funcionamiento de los consumos.

1.5.2. Dimensionamiento.

El objetivo del dimensionamiento de la instalación es calcular el número de paneles y la capacidad de batería que necesita el cliente para cumplir con sus requisitos. Para realizar este estudio calcularemos el número máximo de paneles que puede instalar el cliente y que sean subvencionables.

Primero realizaremos un resumen de las características principales de los productos eléctricos que se van a utilizar en la instalación.

Las estructuras son estructuras coplanares sobre cubierta de teja con tornillería salvateja para evitar daños en la superficie del tejado y así prevenir la posibilidad de generar goteras en el transcurso de la instalación. Estas estructuras la podemos encontrar en el catálogo de la empresa Sunfer Energy como el modelo de estructura 02V.

<https://sunfer-energy.com/>

El inversor hibrido Deye modelo SG03LP1-EU tiene una potencia de salida de 5 kW, tiene incorporados dos reguladores MPPT que tienen un rango de tensión de trabajo de 150V-450V, una corriente de trabajo de 13 A por cada regulador y una capacidad máxima de paneles equivalente a 6,5 kW de potencia.

<https://www.rebacas.com/48-voltios/1590-deye-sun-hybrid-5000w-2-mppt-wifi-paralelizable.html>



Instalación fotovoltaica domestica de autoconsumo de 4,95 kW con conexión a la red monofásica y con 10,6 kWh de acumulación mediante baterías de litio de baja tensión.

Las baterías Weco 5k3 tienen una capacidad de 105 Ah a una tensión nominal de batería de 51,2 V, llegando a un almacenaje de energía de 5,3 kWh de acumulación. Con esta batería se pueden realizar cargas a 100 A y descargas a 200 A. Estas baterías tienen 7800 ciclo de carga y descarga al 100%.

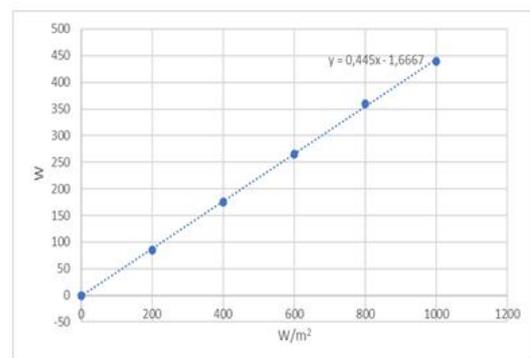
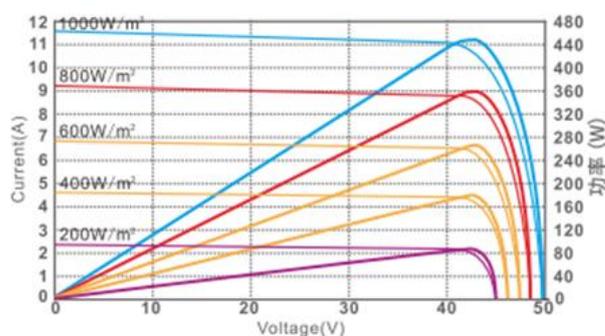
<https://www.rebacas.com/baterias-de-litio/1305-bateria-de-litio-weco-5k3-hv-lv-100-descarga.html>

Los paneles tienen una potencia de 455 W, son monocristalinos y de célula partida. El modelo de la marca Ulica de 455 W tiene específicamente una tensión y corriente a máxima potencia de 41,1 V y 11,07 A respectivamente. El panel ofrece unas características de tensión de circuito abierto de 49,9 V y una corriente de cortocircuito de 11.64 A. Finalmente el panel presenta unas dimensiones de 2018/1048/35 mm

<https://www.rebacas.com/paneles-solares-24-voltios/1528-panel-solar-ulica-455w-114-cel-mono-perc.html>

Para empezar, calculamos la cantidad máxima de energía que podemos producir al año, que es un 125% del consumo anual calculado, de modo que obteniendo un consumo anual de 5888,5 kWh/año obtenemos un máximo de producción de energía de 7360kWh/año. Una vez este límite de producción es calculado debemos obtener cuanto produce un panel solar, dato que podemos obtener usando los datos de irradiancia y producción del panel solar. Usando la gráfica de irradiancia producción que nos ofrece la propia ficha técnica del panel obtenemos una relación lineal entre la irradiancia y la producción ya que el inversor hibrido funciona con la tecnología de seguimiento de máxima potencia MPPT el algoritmo del propio inversor hará que este trabajo siempre en el máximo punto de producción en relación con la irradiancia solar.

I-V characteristics at different irradiancations



GRÁFICAS DE DATOS DEL PANEL SOLAR



De modo que analizando los datos de las gráficas obtenemos una producción de 0,45 W por cada W/m², y utilizando este dato y la tabla de irradiancia obtenida en el apartado de climatología, podemos calcular la producción fotovoltaica de un panel solar bajo las condiciones climáticas ideales de 20° C de temperatura.

TABLA DE PRODUCCIÓN kWh

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6:00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,09	0,11	0,10	0,07	0,03	0,00	0,00	0,00
7:00	0,00	0,02	0,09	0,15	0,17	0,19	0,18	0,16	0,13	0,09	0,03	0,00
8:00	0,10	0,13	0,18	0,22	0,25	0,27	0,26	0,23	0,21	0,17	0,13	0,10
9:00	0,17	0,20	0,25	0,28	0,30	0,32	0,32	0,29	0,26	0,22	0,26	0,27
10:00	0,21	0,24	0,28	0,30	0,32	0,34	0,27	0,32	0,29	0,25	0,22	0,20
11:00	0,23	0,26	0,29	0,30	0,31	0,34	0,35	0,32	0,29	0,26	0,22	0,21
12:00	0,22	0,25	0,27	0,28	0,29	0,32	0,33	0,31	0,27	0,23	0,21	0,19
13:00	0,18	0,21	0,23	0,24	0,26	0,28	0,29	0,27	0,23	0,19	0,16	0,15
14:00	0,12	0,16	0,18	0,18	0,20	0,22	0,23	0,21	0,17	0,01	0,11	0,10
15:00	0,06	0,09	0,12	0,12	0,14	0,15	0,16	0,14	0,11	0,07	0,05	0,04
16:00	0,01	0,03	0,05	0,06	0,07	0,09	0,09	0,07	0,05	0,02	0,01	0,01
17:00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,04	0,04	0,02	0,00	0,00	0,00
18:00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,03	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
19:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
23:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Esta tabla muestra los datos de producción diarios en cada intervalo horario de un solo panel solar bajo las condiciones climáticas citadas anteriormente. Para obtener la producción real del panel debemos calcular las pérdidas de potencia de la celda. Estas pérdidas se calculan mediante unas ecuaciones con las cuales obtenemos las pérdidas de potencia por múltiples causas.

Primero analizaremos las pérdidas de potencia por temperatura, que se obtienen mediante la siguiente fórmula:

$$T_c = T_{amb} + \frac{(TONC - 20) \cdot E}{800}$$

La ecuación utiliza las siguientes variables:

- Temperatura de la celda (T_c).
- Temperatura ambiente (T_{amb}).
- Temperatura nominal de funcionamiento (TONC).
- Irradiancia (E).



Instalación fotovoltaica domestica de autoconsumo de 4,95 kW con conexión a la red monofásica y con 10,6 kWh de acumulación mediante baterías de litio de baja tensión.

De modo que mediante la fórmula y las tablas de irradiancia y temperatura ambiental obtenidas en el apartado de climatología podemos obtener las temperaturas de las celdas en cada momento del día.

TABLA DE TEMPERATURA MEDIA DE LA CELDA EN CADA HORA °C

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0:00	4,46	4,59	6,77	9,30	12,71	16,85	20,12	20,04	16,83	13,13	8,08	5,06
1:00	4,24	4,35	6,47	8,92	12,29	16,34	19,61	19,59	16,45	12,82	7,87	4,88
2:00	4,06	4,15	6,20	8,60	11,92	15,92	19,15	19,19	16,12	12,57	7,71	4,76
3:00	3,91	3,98	5,97	8,32	11,62	15,58	18,76	18,86	15,80	12,34	7,57	4,64
4:00	3,78	3,81	5,78	8,10	11,38	15,27	18,43	18,55	15,53	12,14	7,45	4,52
5:00	3,67	3,66	5,63	7,93	12,31	17,23	19,25	18,29	15,30	11,99	7,36	4,43
6:00	3,59	3,51	5,58	12,31	19,14	24,85	26,45	23,73	17,56	11,82	7,29	4,34
7:00	3,70	4,92	12,69	21,23	27,89	33,74	35,04	32,65	26,29	19,23	9,57	4,33
8:00	11,00	14,36	21,94	29,19	35,25	40,78	42,44	40,32	34,87	27,64	18,14	12,10
9:00	18,44	22,35	29,32	34,96	40,28	45,87	48,42	46,24	40,52	33,11	29,94	18,85
10:00	24,21	27,53	33,32	37,80	42,64	48,55	46,57	49,70	43,79	36,83	29,32	24,35
11:00	26,97	30,10	35,21	38,70	43,43	49,21	53,16	50,82	44,80	38,30	30,48	26,45
12:00	27,04	29,88	34,17	37,65	42,36	48,13	52,55	50,33	43,99	36,86	29,85	25,90
13:00	24,85	27,59	32,02	35,02	39,89	45,43	49,65	47,60	41,26	34,22	27,07	23,62
14:00	21,06	24,04	28,31	30,81	35,97	41,36	45,17	43,23	36,95	21,53	22,88	19,80
15:00	16,18	19,26	23,37	26,17	31,11	36,16	39,71	37,84	31,78	25,22	18,21	15,30
16:00	11,71	13,93	17,94	21,06	25,73	30,82	33,88	32,02	26,77	20,98	14,55	11,43
17:00	9,38	11,01	14,79	18,02	22,51	27,17	29,93	28,68	23,78	18,17	12,47	9,51
18:00	7,96	9,11	11,98	15,15	19,97	24,73	27,64	26,10	21,11	16,76	11,26	8,19
19:00	7,06	7,96	10,59	13,22	17,16	21,73	24,49	23,60	20,02	15,91	10,42	7,28
20:00	6,11	6,87	9,48	12,16	15,95	20,27	23,13	22,67	19,18	15,07	9,58	6,46
21:00	5,44	6,03	8,54	11,23	14,92	19,28	22,24	21,88	18,37	14,38	8,96	5,89
22:00	5,01	5,41	7,80	10,44	14,06	18,37	21,45	21,14	17,68	13,81	8,48	5,52
23:00	4,70	4,96	7,26	9,82	13,39	17,60	20,76	20,50	17,13	13,36	8,15	5,26

Seguidamente, con el coeficiente de pérdidas de potencia podemos obtener el porcentaje de pérdidas del panel, sabiendo que por cada grado de temperatura de diferencia entre la temperatura real de la celda y la temperatura de 25° C la cual es la que utilizó el fabricante para realizar los ensayos, provoca un 0,36% de pérdidas de potencia.

THERMAL CHARACTERISTICS			
Nominal Operating Cell Temperature	NOCT	°C	43±2
Temperature Coefficient of Pmax	γ	%/°C	-0.360
Temperature Coefficient of Voc	β _{voc}	%/°C	-0.330
Temperature Coefficient of Isc	α _{isc}	%/°C	+0.049

DATOS TÉRMICOS DEL PANEL SOLAR



TABLA DE PORCENTAJE DE PÉRDIDAS DE POTENCIA POR TEMPERATURA %.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5:00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,57	2,80	2,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6:00	0,00	0,00	6,99	4,57	2,11	0,06	0,52	0,46	2,68	4,74	0,00	0,00
7:00	0,00	7,23	4,43	1,36	1,04	3,15	3,61	2,75	0,46	2,08	5,55	0,00
8:00	5,04	3,83	1,10	1,51	3,69	5,68	6,28	5,52	3,55	0,95	2,47	4,64
9:00	2,36	0,95	1,56	3,59	5,50	7,51	8,43	7,65	5,59	2,92	1,78	2,21
10:00	0,28	0,91	2,99	4,61	6,35	8,48	7,76	8,89	6,77	4,26	1,56	0,23
11:00	0,71	1,83	3,68	4,93	6,63	8,72	10,14	9,30	7,13	4,79	1,97	0,52
12:00	0,74	1,76	3,30	4,55	6,25	8,33	9,92	9,12	6,83	4,27	1,75	0,32
13:00	0,05	0,93	2,53	3,61	5,36	7,36	8,87	8,14	5,85	3,32	0,75	0,50
14:00	1,42	0,35	1,19	2,09	3,95	5,89	7,26	6,56	4,30	1,25	0,76	1,87
15:00	3,17	2,07	0,59	0,42	2,20	4,02	5,30	4,62	2,44	0,08	2,45	3,49
16:00	4,78	3,99	2,54	1,42	0,26	2,10	3,20	2,53	0,64	1,45	3,76	4,89
17:00	5,62	5,04	3,67	2,51	0,90	0,78	1,77	1,32	0,44	2,46	0,00	0,00
18:00	0,00	0,00	4,69	3,55	1,81	0,10	0,95	0,39	1,40	0,00	0,00	0,00
19:00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,82	1,18	0,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
23:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Con las pérdidas de potencia por temperatura calculadas procedemos a calcular las pérdidas de potencia por eficiencia del cableado. Para ello debemos saber qué tipo de cable. El cableado unipolar que conectaremos desde los paneles al inversor debe tener una tensión de aislamiento asignada de 1kV. Los cables serán no propagadores de incendio y con emisión de humos y opacidad reducida. Tendrán una sección de 6 mm² con tal de cumplir con las condiciones de pérdida de potencia en el cableado. Para calcular la pérdida de potencia usaremos la fórmula referente a cálculos de sección para cableado del pliego de condiciones técnicas.

$$L_{cab} = R \cdot I^2 = 0,000002 \cdot \frac{L}{S} \cdot I^2$$

Las variables utilizadas en la ecuación son las siguientes:

- Intensidad de corriente que pasa por el cableado en "A" (I).
- Longitud del cableado en "cm" (L).
- Sección del cableado en "cm²" (S).

La corriente que pasará por el cableado la hemos obtenido de los datos eléctricos de la propia ficha de características del panel.



Instalación fotovoltaica domestica de autoconsumo de 4,95 kW con conexión a la red monofásica y con 10,6 kWh de acumulación mediante baterías de litio de baja tensión.

ELECTRICAL PERFORMANCE

Electrical Parameters Standard Test Conditions

Module Type			UL-445M-144HV	UL-450M-144HV	UL-455M-144HV
Power Output	P _{max}	W	445	450	455
Power Tolerance	ΔP _{max}	W		0/+5W	
Module Efficiency	η _m	%	20.14	20.37	20.60
Voltage at P _{max}	V _m	V	40.9	41.0	41.1
Current at P _{max}	I _m	A	10.88	10.98	11.07
Open-Circuit Voltage	V _{oc}	V	49.7	49.8	49.9
Short-Circuit Current	I _{sc}	A	11.45	11.55	11.64

STC: 1000w/m² irradiance, 25C module temperature, AM1.5

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DEL PANEL.

Finalmente obtenemos que un cable de 40 m de largo con una sección de 6 mm², en el cual pasará una corriente de 11.64 A en el peor de los casos, obtenemos una pérdida de potencia de 18,07 W por cada línea de paneles que realicemos. Este valor será un valor de pérdidas de potencia constante debido a que los paneles se instalarán en serie.

Para calcular las pérdidas por polvo o suciedad, dispersión de parámetros entre módulos, y las pérdidas por reflectancia angular espectral usaremos los valores medios ofrecidos por el pliego de condiciones técnicas:

- Pérdidas equivalentes por polvo o suciedad: 3%
- Pérdidas equivalentes por dispersión de parámetros: 2%
- Pérdidas equivalentes por reflectancia angular espectral: 3%

$$R_{to,var} = (1 - 0,3) \cdot (1 - 0,2) \cdot (1 - 0,3) = 0,922$$

Con estas pérdidas tenemos un rendimiento equivalente al 92,2% después de calcular las perdidas anteriores.

Si tenemos en cuenta todas las pérdidas calculadas anteriormente obtenemos los datos de producción de energía por cada módulo fotovoltaico de 455 W en la instalación.



Instalación fotovoltaica domestica de autoconsumo de 4,95 kW con conexión a la red monofásica y con 10,6 kWh de acumulación mediante baterías de litio de baja tensión.

TABLA DE PRODUCCIÓN REAL DE ENERGÍA DE UN PANEL DE 455W (kWh)

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6:00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,07	0,09	0,09	0,07	0,05	0,01	0,00	0,00
7:00	0,00	0,00	0,06	0,12	0,14	0,16	0,14	0,12	0,10	0,07	0,01	0,00
8:00	0,07	0,10	0,15	0,18	0,20	0,21	0,20	0,19	0,17	0,14	0,10	0,07
9:00	0,14	0,17	0,21	0,23	0,24	0,25	0,25	0,23	0,21	0,18	0,21	0,13
10:00	0,18	0,20	0,23	0,25	0,25	0,27	0,21	0,25	0,23	0,20	0,18	0,17
11:00	0,19	0,22	0,24	0,25	0,25	0,26	0,27	0,25	0,23	0,21	0,18	0,17
12:00	0,18	0,20	0,22	0,23	0,24	0,25	0,26	0,24	0,21	0,18	0,17	0,16
13:00	0,15	0,17	0,19	0,20	0,21	0,22	0,23	0,21	0,18	0,15	0,13	0,12
14:00	0,10	0,12	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	0,16	0,14	0,00	0,08	0,07
15:00	0,04	0,07	0,09	0,10	0,11	0,12	0,12	0,11	0,08	0,05	0,02	0,02
16:00	0,00	0,01	0,03	0,04	0,05	0,06	0,06	0,05	0,03	0,00	0,00	0,00
17:00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
18:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
19:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
23:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Con esta tabla de producción de un solo panel solar obtenemos una energía anual producida de 633,26 kWh/año, de modo que como los demás paneles los instalaremos en la misma dirección y orientación, tendrán una producción equivalente a la del panel calculado. Debido a que la potencia pico del campo fotovoltaico admitido por el inversor es de 6,5 kW, podemos instalar como máximo una cantidad de paneles equivalente a 14 paneles fotovoltaicos de 455 W de potencia pico. Como nosotros estamos limitados a una producción anual de 7360 kWh debido a la normativa respectiva a las subvenciones, podemos instalar como máximo 11 paneles solares de los que hemos escogido para realizar el estudio.

De modo que, al instalar 11 paneles solares de 455 W con la orientación e inclinación del tejado, y las condiciones climáticas del emplazamiento obtenemos la siguiente tabla que refleja la energía real total que la instalación es capaz de producir.



Instalación fotovoltaica domestica de autoconsumo de 4,95 kW con conexión a la red monofásica y con 10,6 kWh de acumulación mediante baterías de litio de baja tensión.

TABLA DE PRODUCCIÓN REAL DE LA INSTALACIÓN (kWh)

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,26	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6:00	0,00	0,00	0,00	0,52	0,89	1,10	0,96	0,68	0,29	0,00	0,00	0,00
7:00	0,00	0,13	0,83	1,45	1,72	1,87	1,72	1,54	1,28	0,90	0,25	0,00
8:00	0,91	1,26	1,76	2,18	2,41	2,53	2,39	2,21	2,01	1,72	1,27	0,96
9:00	1,66	1,99	2,43	2,70	2,83	2,95	2,90	2,70	2,49	2,10	2,52	1,60
10:00	2,10	2,41	2,73	2,89	2,96	3,11	2,51	2,93	2,71	2,38	2,19	1,99
11:00	2,26	2,56	2,82	2,87	2,94	3,08	3,15	2,93	2,70	2,43	2,19	2,08
12:00	2,15	2,41	2,57	2,67	2,75	2,89	3,01	2,80	2,53	2,16	2,01	1,90
13:00	1,78	2,04	2,24	2,32	2,43	2,56	2,64	2,46	2,17	1,79	1,60	1,52
14:00	1,21	1,54	1,76	1,79	1,95	2,07	2,13	1,95	1,65	0,10	1,03	0,97
15:00	0,57	0,89	1,13	1,22	1,36	1,46	1,51	1,34	1,04	0,68	0,43	0,40
16:00	0,09	0,25	0,45	0,59	0,72	0,83	0,83	0,66	0,46	0,21	0,06	0,02
17:00	0,00	0,02	0,16	0,28	0,37	0,43	0,40	0,33	0,18	0,00	0,00	0,00
18:00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,16	0,23	0,23	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00
19:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
23:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

TABLA DE PROMEDIOS

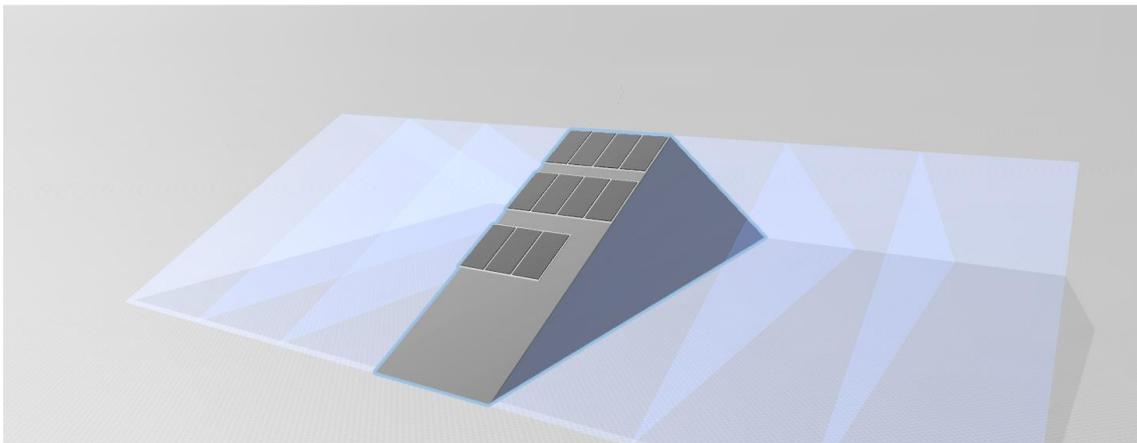
Mes	G _{dm} ($\alpha = -45^\circ$, $\beta = 25^\circ$)		EP (kWh / día)
	[kWh / (m ² · día)]		
Enero	0,59	0,89	12,72
Febrero	0,72	0,88	15,52
Marzo	0,88	0,88	18,89
Abril	1,02	0,87	21,53
Mayo	1,13	0,86	23,60
Junio	1,23	0,85	25,36
Julio	1,20	0,84	24,49
Agosto	1,11	0,84	22,63
Septiembre	0,94	0,86	19,51
Octubre	0,69	0,87	14,48
Noviembre	0,63	0,88	13,56
Diciembre	0,53	0,89	11,45
Promedio	0,89	0,87	18,64



Instalación fotovoltaica domestica de autoconsumo de 4,95 kW con conexión a la red monofásica y con 10,6 kWh de acumulación mediante baterías de litio de baja tensión.

En estas tablas podemos observar la producción real de la instalación de forma horaria en cada mes y los valores medios mensuales y el promedio anual, donde G_{dm} es la energía pico producida por el sistema al día con respecto a la superficie ocupada, PR es el “performance ratio” que hace referencia al rendimiento energético, y, EP que hace referencia a la energía total producida al día en cada mes.

Una vez calculado el número de paneles que necesita el cliente procedemos a la distribución de los paneles sobre el tejado de la vivienda, el cual está orientado hacia el sur este con un azimut de -45° y una inclinación de 25° sobre la horizontal. El tejado tiene una superficie aprovechable de $46m^2$ distribuido en unas dimensiones de $4,5m \cdot 13m$ en los cuales debemos distribuir los 11 paneles. Con los datos de las dimensiones del tejado y los paneles podemos realizar una simulación del espacio ocupado sobre el tejado.



SIMULACIÓN DE ESPACIO

Debido a las características del inversor escogido, Deye sun hybrid 5000 SG03LP1-EU, una configuración de 11 paneles en serie en el mismo MPPT del inversor no es posible, por eso se repartirán en 6 paneles en serie en el primer MPPT y otros 5 paneles en serie en el segundo MPPT para equilibrar la energía que se procese en los reguladores del inversor híbrido.

La posición de los paneles quedaría planteada de forma que queden dos conjuntos de 4 paneles, uno debajo de otro, y un conjunto de 3 paneles situado justo debajo de los dos anteriores.

Para calcular la capacidad de las baterías necesarias nos basaremos en cuanta energía le sobra al cliente en las horas que haya una producción mayor al consumo, y en la cantidad de energía que compra el cliente. Cantidades que podemos obtener restando la tabla de consumo a la de producción. Estas tablas de consumo y producción se encuentran respectivamente en los apartados de antecedentes y dimensionamiento.



TABLA DE BALANCE CONSUMO/PRODUCCIÓN

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0:00	-0,061	-0,064	-0,059	-0,054	-0,061	-0,071	-0,065	-0,054	-0,069	-0,072	-0,054	-0,048
1:00	-0,061	-0,064	-0,059	-0,054	-0,061	-0,071	-0,065	-0,054	-0,069	-0,072	-0,054	-0,048
2:00	-0,061	-0,064	-0,059	-0,054	-0,061	-0,071	-0,065	-0,054	-0,069	-0,072	-0,054	-0,048
3:00	-0,061	-0,064	-0,059	-0,054	-0,061	-0,071	-0,065	-0,054	-0,069	-0,072	-0,054	-0,048
4:00	-0,061	-0,064	-0,059	-0,054	-0,061	-0,071	-0,065	-0,054	-0,069	-0,072	-0,054	-0,048
5:00	-0,061	-0,064	-0,059	-0,054	0,050	0,185	0,046	-0,054	-0,069	-0,072	-0,054	-0,048
6:00	-0,061	-0,064	-0,059	0,470	0,833	1,030	0,898	0,628	0,220	-0,072	-0,054	-0,048
7:00	-0,061	0,070	0,770	1,391	1,654	1,803	1,652	1,482	1,207	0,832	0,200	-0,048
8:00	-0,059	0,260	0,837	1,330	1,443	1,404	1,362	1,360	0,915	0,588	0,412	0,206
9:00	1,301	1,622	2,090	2,392	2,479	2,538	2,523	2,390	2,086	1,684	2,203	1,323
10:00	1,740	2,043	2,393	2,576	2,608	2,697	2,134	2,616	2,304	1,967	1,871	1,714
11:00	1,907	2,193	2,475	2,562	2,588	2,665	2,766	2,616	2,298	2,013	1,877	1,800
12:00	-1,270	-1,133	-0,695	-0,322	-0,648	-1,070	-0,631	-0,188	-1,333	-1,831	-1,015	-0,778
13:00	-0,149	0,039	0,398	0,624	0,508	0,322	0,590	0,773	-0,007	-0,464	-0,108	0,010
14:00	1,108	1,428	1,656	1,698	1,842	1,953	2,018	1,862	1,534	-0,025	0,932	0,887
15:00	0,175	0,479	0,744	0,874	0,963	0,993	1,081	0,987	0,589	0,215	0,079	0,092
16:00	-0,314	-0,161	0,073	0,242	0,318	0,363	0,402	0,312	0,013	-0,254	-0,292	-0,290
17:00	-0,399	-0,395	-0,220	-0,067	-0,027	-0,034	-0,023	-0,023	-0,270	-0,467	-0,354	-0,313
18:00	-0,399	-0,414	-0,382	-0,308	-0,239	-0,236	-0,196	-0,227	-0,451	-0,467	-0,354	-0,313
19:00	-0,356	-0,369	-0,340	-0,312	-0,354	-0,413	-0,379	-0,311	-0,402	-0,416	-0,315	-0,278
20:00	-3,416	-3,543	-3,269	-2,994	-3,399	-3,964	-3,636	-2,983	-3,861	-3,994	-3,030	-2,674
21:00	-1,930	-2,001	-1,846	-1,691	-1,920	-2,239	-2,054	-1,685	-2,181	-2,256	-1,711	-1,510
22:00	-0,399	-0,414	-0,382	-0,350	-0,397	-0,463	-0,425	-0,349	-0,451	-0,467	-0,354	-0,313
23:00	-0,356	-0,369	-0,340	-0,312	-0,354	-0,413	-0,379	-0,311	-0,402	-0,416	-0,315	-0,278

En la tabla de balance de consumo/producción, se puede observar cómo los datos negativos de la tabla significan la cantidad de energía que el cliente comprará sobre una hora del día, y los positivos muestran la energía sobrante del sistema de producción.

En octubre es cuando se obtiene el menor balance producción fotovoltaica/consumo, de modo que obtenemos que el cliente compraría 11,1 kWh de energía a la red, con lo cual lo óptimo sería obtener una batería de esa capacidad, de modo que estudiaremos el caso con dos baterías de 5,3 kWh, que es el caso que más se aproxima.

Para realizar el estudio de batería nos hemos basado en el caso hipotético de que la batería empezará el día completamente vacía, de modo que se cargará cuando haya excedentes, y se descargará cuando los consumos sean superiores a la producción, de igual manera si la batería está llena los excedentes no se sumarán a la capacidad si no que se verterán a la red eléctrica.



TABLA DE ESTADO DE LA BATERÍA (kWh)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,19	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6:00	0,00	0,00	0,00	0,47	0,88	1,22	0,94	0,63	0,22	0,00	0,00	0,00
7:00	0,00	0,07	0,77	1,86	2,54	3,02	2,60	2,11	1,43	0,83	0,20	0,00
8:00	0,00	0,33	1,61	3,19	3,98	4,42	3,96	3,47	2,34	1,42	0,61	0,21
9:00	1,30	1,95	3,70	5,58	6,46	6,96	6,48	5,86	4,43	3,10	2,82	1,53
10:00	3,04	3,99	6,09	8,16	9,07	9,66	8,62	8,48	6,73	5,07	4,69	3,24
11:00	4,95	6,19	8,57	10,60	10,60	10,60	10,60	10,60	9,03	7,08	6,56	5,04
12:00	3,68	5,06	7,87	10,28	9,95	9,53	9,97	10,41	7,70	5,25	5,55	4,27
13:00	3,53	5,09	8,27	10,60	10,46	9,85	10,56	10,60	7,69	4,79	5,44	4,27
14:00	4,64	6,52	9,92	10,60	10,60	10,60	10,60	10,60	9,23	4,76	6,37	5,16
15:00	4,81	7,00	10,60	10,60	10,60	10,60	10,60	10,60	9,81	4,98	6,45	5,25
16:00	4,50	6,84	10,60	10,60	10,60	10,60	10,60	10,60	9,83	4,72	6,16	4,96
17:00	4,10	6,45	10,38	10,53	10,57	10,57	10,58	10,58	9,56	4,26	5,81	4,65
18:00	3,70	6,03	10,00	10,22	10,33	10,33	10,38	10,35	9,11	3,79	5,45	4,34
19:00	3,34	5,66	9,66	9,91	9,98	9,92	10,00	10,04	8,70	3,37	5,14	4,06
20:00	0,00	2,12	6,39	6,92	6,58	5,95	6,37	7,06	4,84	0,00	2,11	1,39
21:00	0,00	0,12	4,54	5,23	4,66	3,71	4,31	5,37	2,66	0,00	0,40	0,00
22:00	0,00	0,00	4,16	4,88	4,26	3,25	3,89	5,02	2,21	0,00	0,04	0,00
23:00	0,00	0,00	3,82	4,57	3,91	2,84	3,51	4,71	1,81	0,00	0,00	0,00

Para realizar la tabla hemos sumado los datos positivos de la tabla del balance entre la producción y consumo y hemos restado cuando es negativo, evitando que aparezcan valores negativos o superiores a 10,6 kWh. Esto significa que cuando aparece un valor de 0 kWh la batería está vacía, y cuando aparece un valor de 10,6 kWh está llena.

Como se puede observar en los meses de octubre hasta febrero, la batería no llega a cargarse por completo, pero al ser un autoconsumo conectado a red esto no significa un problema en cuanto a vida útil del dispositivo, ya que, mediante la programación del inversor, el propio inversor corta la corriente de descarga de la batería antes de que esta llegue a un nivel crítico, y empieza a tomar energía de la red eléctrica. En cambio, en los demás meses, el sistema es capaz de cargar la batería al final del día, e incluso en algunos meses es capaz de verter corriente a la red eléctrica para compensar la compra de energía.

1.5.3. Protecciones y cableado.

En este apartado calcularemos las protecciones necesarias para que el equipo esté protegido contra sobretensiones y contra sobrecargas y cortocircuitos, además de calcular la sección del cableado en cada una de las partes del sistema.

Empezando por los paneles necesitamos unas protecciones capaces de activarse cuando se cumplan los parámetros eléctricos de cortocircuito de los paneles y de sobretensión.



Instalación fotovoltaica domestica de autoconsumo de 4,95 kW con conexión a la red monofásica y con 10,6 kWh de acumulación mediante baterías de litio de baja tensión.

ELECTRICAL PERFORMANCE

Electrical Parameters Standard Test Conditions

Module Type			UL-445M-144HV	UL-450M-144HV	UL-455M-144HV
Power Output	P _{max}	W	445	450	455
Power Tolerance	ΔP _{max}	W		0/+5W	
Module Efficiency	η _m	%	20.14	20.37	20.60
Voltage at P _{max}	V _m	V	40.9	41.0	41.1
Current at P _{max}	I _m	A	10.88	10.98	11.07
Open-Circuit Voltage	V _{oc}	V	49.7	49.8	49.9
Short-Circuit Current	I _{sc}	A	11.45	11.55	11.64

STC: 1000w/m² irradiance, 25C module temperature, AM1.5

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DEL PANEL.

En cuanto a las protecciones contra cortocircuito hay que fijarse en la corriente de cortocircuito de los paneles, en este caso 11.64 A. Esta corriente es producida por el panel cuando en el propio panel se cortocircuitan sus bornes positivo y negativo. Como los paneles se conectarían en serie obtenemos una corriente de cortocircuito equivalente a la de la ficha de características, de modo que se necesitaría un fusible capaz de soportar una corriente similar para que si el panel trabaja en la zona de cortocircuito no sobrepase la corriente máxima permitida por el cableado y se queme la instalación.

En cuanto a sobretensiones se puede colocar una protección contra sobretensiones para proteger a los paneles de descargas eléctricas en caso de que un rayo alcanzara la instalación, ya que los paneles ya estarían distribuidos de forma que no sobrepasan la tensión del MPPT del inversor. Y en caso de que la instalación estuviera en una zona con una red eléctrica inestable sería recomendable instalar una protección contra sobretensiones de alterna para evitar posibles daños en los equipos.

Las protecciones para la batería serían protecciones contra sobrecargas para cuando se le pida más corriente de lo que la batería es capaz de ofrecer. De modo que, si el inversor puede ofrecer una potencia de 5kW y trabajando a 48V obtenemos un resultado de 104.166A, de modo que con un fusible de una capacidad de corte de ese amperaje o un magnetotérmico de características similares puede realizarse la protección. Pero además de esto hay que tener en cuenta la máxima corriente de descarga de la batería, que en este caso como este valor es de 200A en descarga no existe ningún inconveniente en cuanto a potencia.



Instalación fotovoltaica domestica de autoconsumo de 4,95 kW con conexión a la red monofásica y con 10,6 kWh de acumulación mediante baterías de litio de baja tensión.

Finalmente, a la salida del inversor debe conectarse obligatoriamente un magnetotérmico capaz de soportar la potencia de salida del inversor, que en este caso debe ser un magnetotérmico que soporte una corriente de 21.74 A como mínimo, y un diferencial.

Para elegir la sección del cable correcto nos fijaremos en qué tipo de cable elegiremos y qué corriente pasará por ellos. En nuestro caso necesitamos 2 tipos de cable, el que irá desde los paneles al inversor que será de 6 mm² que ya calculamos en el apartado de dimensionamiento, y el de baterías a inversor que será de 35 mm². Estos cables serán cables unipolares con aislamiento XLPE.

El cableado unipolar que conectaremos desde las baterías al inversor debe tener una tensión de aislamiento asignada de 1kV. Los cables serán no propagadores de incendio y con emisión de humos y opacidad reducida. Tendrán una sección de 35 mm² con tal de cumplir con las condiciones de pérdida de potencia en el cableado. Para calcular la pérdida de potencia usaremos la fórmula utilizada anteriormente. Finalmente calculando mediante el método que con el cual calculamos anteriormente las pérdidas en el cableado de paneles, obtenemos que un cable de 4 m de largo con una sección de 35 mm², en el cual pasará una corriente máxima de descarga de 104,16 A en el caso de utilizar el inversor a máxima potencia, obtenemos una pérdida de potencia de 24,8 W, que, si lo comparamos con las pérdidas admisibles de un 1,5% de los 5000 W de potencia de descarga de la batería capaz de ofrecer el inversor, obtenemos que estamos por debajo de los 75 W de pérdidas admisibles.

$$L_{cab} = R \cdot I^2 = 0,000002 \cdot \frac{L}{S} \cdot I^2$$

1.5.4. Planos eléctricos.

En este apartado facilitaremos un plano eléctrico sin escala para mostrar las conexiones eléctricas de todos los dispositivos, tanto como la conexión de los paneles fotovoltaicos y baterías, como las conexiones de red y consumos de la vivienda al inversor.

Las conexiones de paneles las hemos conectado en dos series, una serie de 6 paneles y otra serie de 5 paneles, cada una la conectaremos a su respectivo MPPT del inversor. Es importante no equivocarse e invertir la polaridad de los cables en el momento de la conexión,

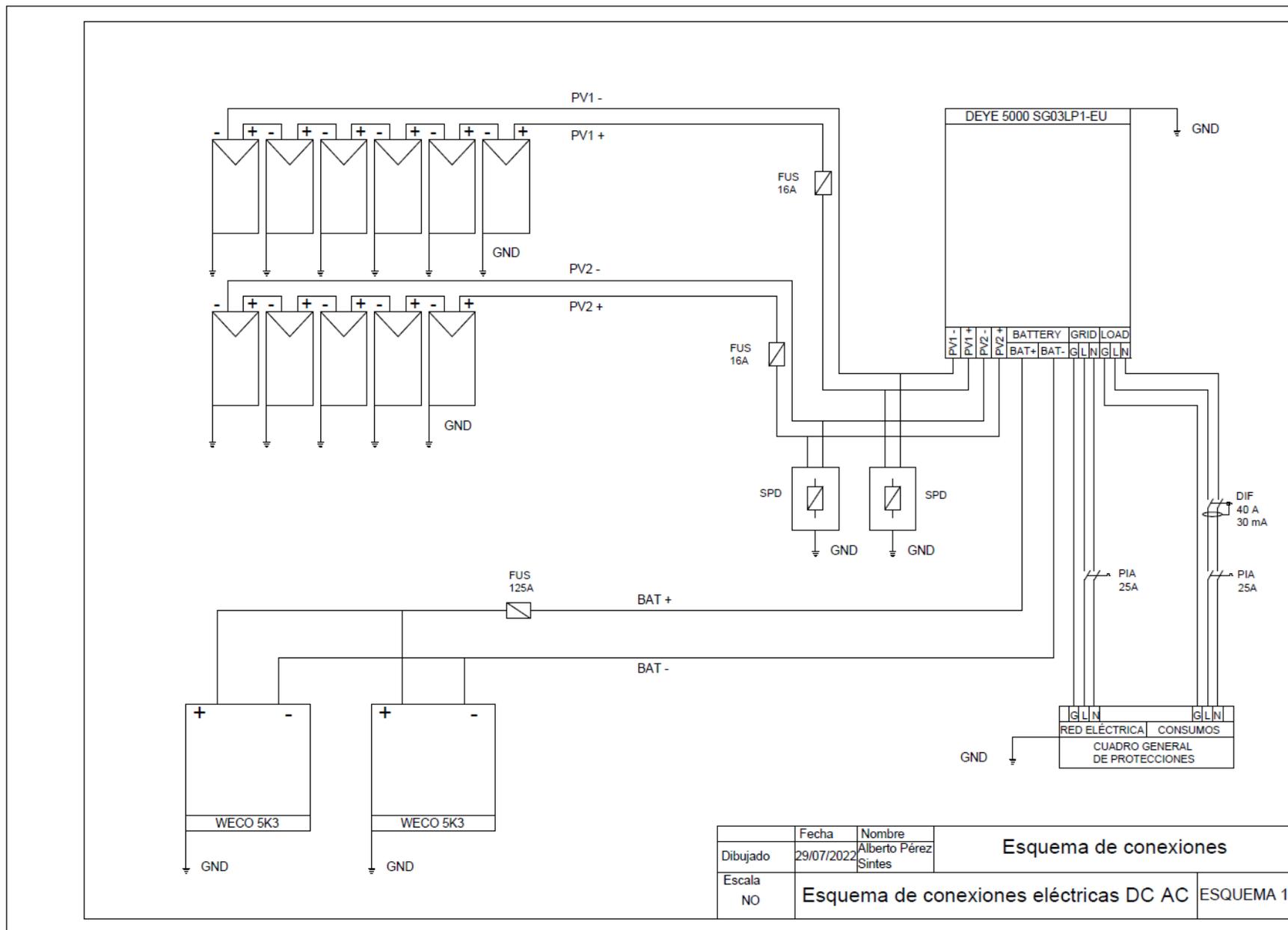


Instalación fotovoltaica domestica de autoconsumo de 4,95 kW con conexión a la red monofásica y con 10,6 kWh de acumulación mediante baterías de litio de baja tensión.

ya que una conexión errónea podría quemar el inversor hibrido. En cada serie de paneles deberemos conectar un fusible y un limitador de sobretensiones de corriente continua entre las series de paneles y el inversor. La toma de tierra de los paneles será una toma de tierra independiente a las demás, concretamente, le conectaremos las protecciones contra sobretensiones de corriente continua en ambas series de paneles fotovoltaicos.

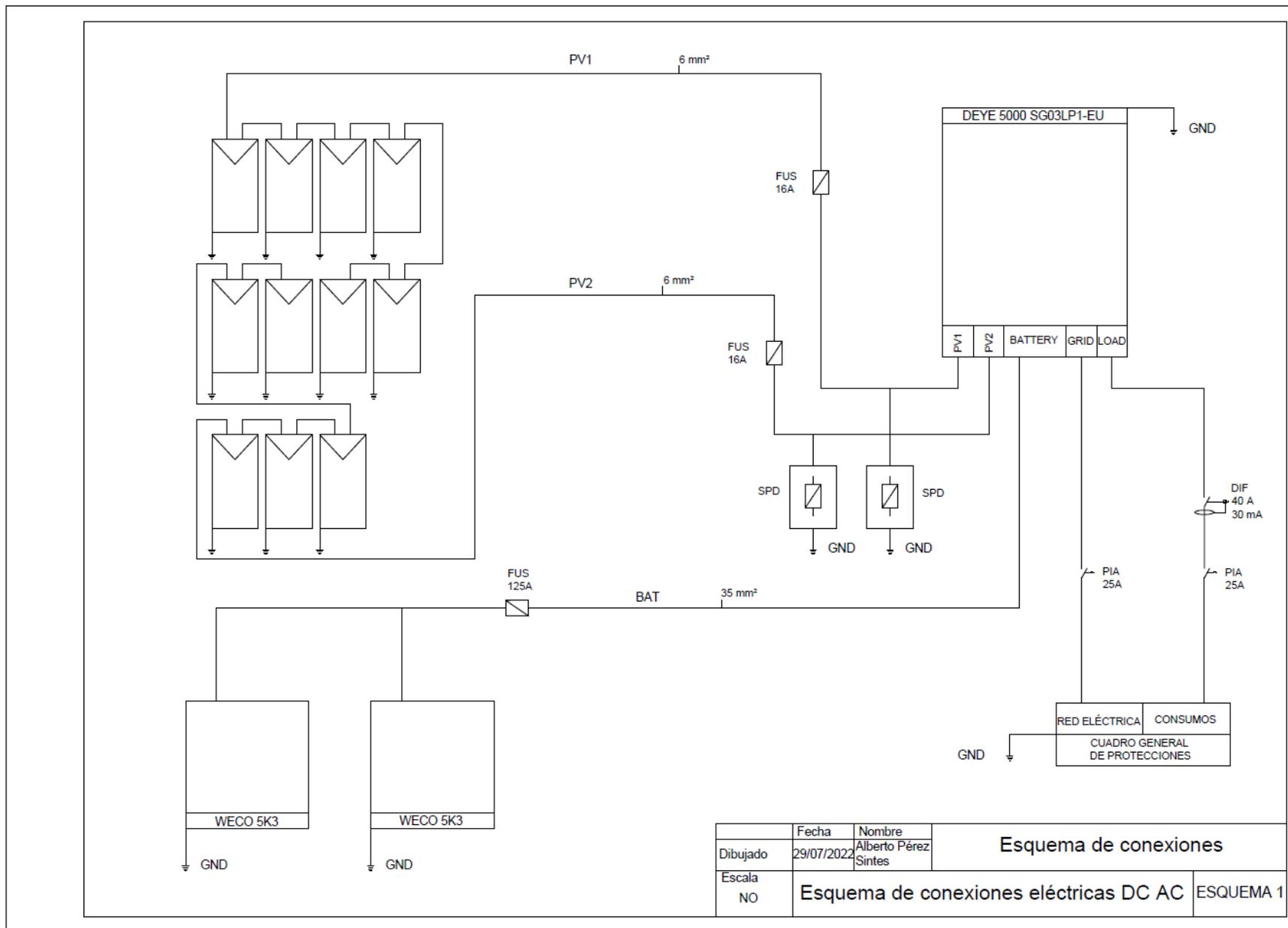
Las baterías las conectaremos en paralelo, y solo un cable positivo y otro negativo irán conectados al inversor. Las baterías las configuraremos una como maestra y otra como esclava mediante los interruptores DIP de las mismas. La comunicación de la batería con el inversor la realizaremos únicamente de la batería maestra al inversor, y comunicaremos la batería maestra con la batería esclava. Entre las baterías y el inversor deberemos conectar un fusible para evitar posibles sobrecargas y cortocircuitos.

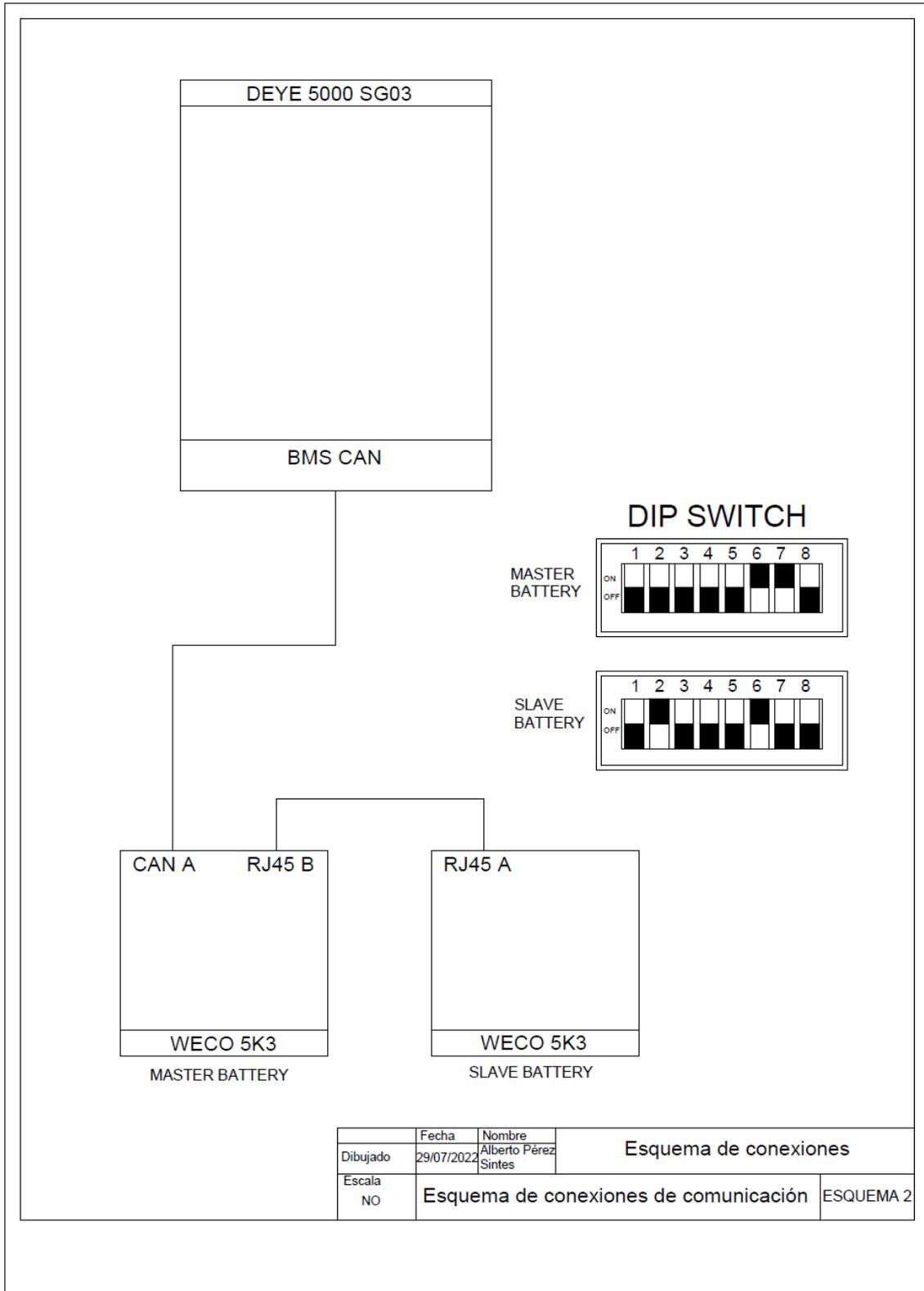
Entre el inversor y la toma de red eléctrica conectaremos un interruptor magnetotérmico para evitar sobrecargas de red al inversor, y esta toma de red la conectaremos al puerto GRID del inversor. Entre el inversor y los consumos de la vivienda conectaremos otro interruptor magnetotérmico y un interruptor diferencial, y estos consumos los conectaremos al puerto LOAD del inversor. Todas estas tomas de corriente se pueden localizar en el cuadro de protecciones de la propia vivienda.





Instalación fotovoltaica domestica de autoconsumo de 4,95 kW con conexión a la red monofásica y con 10,6 kWh de acumulación mediante baterías de litio de baja tensión.







1.5.5. Estudio económico.

Para estudiar el rendimiento económico y el periodo de amortización debemos redactar el presupuesto de la instalación, evaluar los precios de la energía eléctrica que está pagando el cliente, y tener en cuenta la degradación de la productividad de los paneles solares. En este estudio vamos a basarnos en que el precio de la energía eléctrica siempre va a ser el mismo, ya que no podemos hacer una previsión de esta variable lo suficientemente exacta como para tenerla en cuenta.

Para empezar, redactaremos el presupuesto, el cual debe reflejar los precios de los equipos necesarios para realizar la instalación. En el presupuesto no contemplaremos el precio del trabajo de instalación, ya que es un precio variable que depende del profesional en cuestión y la cantidad de horas trabajadas.



Instalación fotovoltaica domestica de autoconsumo de 4,95 kW con conexión a la red monofásica y con 10,6 kWh de acumulación mediante baterías de litio de baja tensión.

PRESUPUESTO

Producto	Precio	Unidades	Subtotal	IVA	Total
BATERIA DE LITIO WECO DUAL 5K3 5,3KWH 100%DOD (LV/HV)	2140,5	2	4281	21%	5180,01
DEYE SUN 5000W HYBRID 1PH SG03LP1-EU 2 MPPT WIFI	1152,89	1	1152,89	21%	1395,00
PANEL SOLAR TIER 1 ULICA 455W 144 CELDAS MONOCRISTALINO PERC HC	171,07	11	1881,77	21%	2276,94
ESTRUCTURA COPLANAR 02V 4M SALVATEJA	165,7	2	331,4	21%	400,99
ESTRUCTURA COPLANAR 02V 3M SALVATEJA	131,9	1	131,9	21%	159,60
CABLE DE 6 mm2 10 METROS 1KV	15,7	8	125,6	21%	151,98
CABLE DE 35mm 1 METRO 1 KV	7,69	4	30,76	21%	37,22
FUSIBLE 25 A DE 14X51 mm	2,07	1	2,07	21%	2,50
FUSIBLE DE 125 A DE 22x58 mm	3,31	1	3,31	21%	4,01
PORTAFUSIBLE DE 14x51 mm de HASTA 50 A	10	1	10	21%	12,10
PORTAFUSIBLE DE 22x58 mm DE HASTA 125 A13,221	13,22	1	13,22	21%	16,00
Magnetotermico 6Ka 1P+N 25A	4,71	1	4,71	21%	5,70
Interruptor Diferencial GE Tipo AC 2P 40A 30mA	23,55	1	23,55	21%	28,50
Base Imponible					7992,18
IVA				21%	
Total					9670,54



Instalación fotovoltaica domestica de autoconsumo de 4,95 kW con conexión a la red monofásica y con 10,6 kWh de acumulación mediante baterías de litio de baja tensión.

Una vez redactado el presupuesto podemos evaluar el periodo de amortización de la instalación fotovoltaica estudiando el precio del comercializador, consumos, producción, balances, y usando todos los datos que hemos obtenido en los apartados anteriores. Primero evaluamos el precio de la energía ofrecida por la comercializadora y el consumo del cliente para obtener la cantidad económica que pagaría el sin la instalación.

GASTO ECONÓMICO Y CONSUMO ANTES DE LA INSTALACIÓN

Pot. Cont.	€/día	€ energía											
Punta	0,10	0,24											
Llano		0,15											
Valle	0,02	0,11											
Consumos	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
Punta kWh	8,16	8,46	7,81	7,15	8,12	9,47	8,69	7,13	9,22	9,54	7,24	6,39	
Llano kWh	7,38	7,65	7,06	6,47	7,34	8,56	7,86	6,45	8,34	8,63	6,55	5,78	
Valle kWh	0,49	0,51	0,47	0,43	0,49	0,57	0,52	0,43	0,56	0,57	0,44	0,38	
Punta €	1,98	2,06	1,90	1,74	1,97	2,30	2,11	1,73	2,24	2,32	1,76	1,55	
Llano €	1,07	1,11	1,02	0,94	1,07	1,24	1,14	0,93	1,21	1,25	0,95	0,84	
Valle €	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06	0,06	0,05	0,06	0,06	0,05	0,04	
Resultado													
€/día	3,22	3,33	3,09	2,84	3,20	3,72	3,42	2,83	3,62	3,74	2,87	2,55	
€/mes	99,81	93,37	95,65	85,08	99,33	111,51	106,01	87,62	108,70	116,08	86,05	78,90	

Según la tarifa del cliente, el precio de la electricidad varía según el periodo de consumo. El periodo de punta tiene un precio de potencia contratada de 0,1€ al día y un precio de energía de 0,24€/kWh, y es un periodo referente a los consumos que se realicen entre las 14:00 y las 23:59 horas. El periodo de valle no tiene precio por potencia contratada, pero tiene un precio de 0,15€/kWh, y es un periodo referente a los consumos realizados entre las 08:00 y las 13:59 horas. Finalmente, el periodo de valle tiene un precio por potencia contratada de 0,02€/día y un precio de la energía de 0,11€/kWh, además es un periodo referente a los consumos realizados entre las 00:00 y las 07:59 horas. Para calcular el coste que supondría los consumos sin la instalación simplemente debemos distribuir los consumos por periodos y aplicarles el precio de la energía, sumándoles el precio por potencia contratada.

Para calcular el precio de las facturas una vez realizada la instalación vamos a basarnos en que el precio de la energía vertida a la red se compensa a un precio de 0,05€/kWh, que es el precio estándar que ofrecen muchas empresas eléctricas, en concreto la comercializadora del cliente, y el precio de la energía es el mismo que en la factura inicial.



Instalación fotovoltaica domestica de autoconsumo de 4,95 kW con conexión a la red monofásica y con 10,6 kWh de acumulación mediante baterías de litio de baja tensión.

GASTO ECONÓMICO Y AHORRO DESPUÉS DE LA INSTALACIÓN.

Consumo	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
Punta kWh	0,49	0,45	0,41	0,32	0,31	0,36	0,33	0,32	0,32	0,42	0,50	0,38	0,38
Llano kWh	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Valle kWh	6,10	0,78	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,13	0,32	2,10
Compra €/día	0,89	0,31	0,22	0,19	0,19	0,20	0,19	0,19	0,19	0,22	0,99	0,24	0,43
Vertido													
Punta kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Llano kWh	0,00	0,00	0,14	2,81	2,98	2,56	3,46	3,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Valle kWh	0,00	0,00	0,00	2,12	2,76	2,93	2,76	2,94	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Venta €/Día	0,00	0,00	0,00	0,25	0,29	0,27	0,31	0,31	0,00	0,00	0,02	0,11	0,11
Balances													
Balance €/mes	27,46	8,57	6,67	-1,59	-3,03	-2,18	-3,61	-3,46	6,49	30,65	6,76	10,07	10,07
Pago final €/mes	27,46	8,57	6,67	3,46	3,57	3,46	3,57	3,57	6,49	30,65	6,76	10,07	10,07
Resultado													
Ahorro €/mes	72,35	84,80	88,98	81,62	95,76	108,06	102,44	84,04	102,21	85,44	79,29	68,83	68,83
Total €/año	1053,82												

Esta tabla solo hace referencia a la energía comprada y la energía vertida, y a los resultados económicos del primer año.

Los cuales nos marcan un ahorro económico anual del 90,22 % y un ahorro energético anual del 88,81 %. Para obtener estos datos hemos tenido que repartir los consumos por las diferentes franjas horarias y evaluado el estado de batería para comprobar si la energía consumida es ofrecida por la red o por la batería, y si los excedentes de energía producida son vertidos a la red o acumulados.

Una vez obtenido el ahorro económico del primer año, podemos realizar la estimación de la amortización del equipo instalado teniendo en cuenta la degradación de los paneles.

El fabricante de paneles no asegura mediante los datos ofrecidos en la ficha técnica del panel solar que este mismo tiene una degradación lineal del 0,4 % cada año posterior a su fabricación. De modo que realizando una estimación con la degradación del panel y el ahorro anual podemos obtener la disminución del ahorro anual hasta la fecha de amortización.

AHORROS ANUALES

1º Año	2º Año	3º Año	4º Año	5º Año	6º Año	7º Año	8º Año	9º Año	10º Año
1053,82	1049,61	1045,41	1041,23	1037,06	1032,91	1028,78	1024,67	1020,57	1016,49

Finalmente, si realizamos la comparación entre los ahorros energéticos anuales y el precio del presupuesto obtenemos que el equipo instalado se amortiza en aproximadamente 9 años.



1.6. Conclusiones.

Con el estudio realizado podemos obtener diferentes conclusiones.

Lo primero que salta a la vista es el periodo de amortización de 9 años. Esto se debe a que las baterías, a pesar de ofrecer un servicio muy importante en la instalación, aplican un sobrecoste muy considerable, y con lo cual ese sobrecoste se refleja en el periodo de amortización. Además de que el estudio se ha realizado considerando que el cliente tiene intención de pedir una subvención para compensar el coste del proyecto, de modo que hemos realizado el estudio teniendo en cuenta los límites que nos marcaba la normativa de la subvención y calculado el dimensionamiento en el límite superior que esta misma normativa nos marcaba.

Por otra parte, vemos como los objetivos de ahorro energético y económico los hemos cumplido con creces, obteniendo un ahorro anual energético del 88,21 % y un ahorro económico del 90,22 %, con lo cual los objetivos de ahorro planteados han sido cumplidos en su totalidad.

Como la elección de equipos eléctricos la hemos realizado teniendo en cuenta los requisitos del cliente, cumplimos con las especificaciones planteadas por el cliente: La instalación es ampliable tanto en batería como en paneles, pudiendo llegar a instalar hasta X baterías en paralelo y 6500 W de potencia en paneles que nos deja un total de 3 paneles más de la misma potencia que los que se han utilizado en el estudio.

Usando las conexiones eléctricas planteadas en el apartado de planos eléctricos, el inversor se puede configurar para que funcione como el cliente ha exigido, pudiendo funcionar incluso cuando se provoque un corte de red, y pudiendo verter a red los excedentes en caso de darse las condiciones.

Para acabar, mi opinión personal sobre las instalaciones fotovoltaicas en la actualidad se inclina más a favor hacia los autoconsumos con inversores de red sin baterías, ya que las baterías aplican un sobrecoste bastante considerable a la instalación y tardan mucho en amortizarse, además, actualmente existen empresas comercializadoras de energía que tienen contratos más favorables hacia los clientes con autoconsumos solares, como por ejemplo compensar los excedentes a un precio más justo comparado con la compra de energía. Lo cual ofrece unos resultados económicos muy similares a lo que se obtendrían instalando baterías, pero con una amortización mucho más temprana.



1.7. Anexos.

En este anexo vamos a incluir todos los enlaces a páginas web y documentos que hemos usado para obtener información.

1.7.1. Herramientas web.

https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/ .

<https://www.google.com/intl/es/earth/>

<https://app.diagrams.net/>

1.7.2. Programas utilizados.

Word

Excel

3D builder

Autocad

1.7.3. Fichas técnicas y documentos.

<https://www.rebacas.com/48-voltios/1590-deye-sun-hybrid-5000w-2-mppt-wifi-paralelizable.html>

https://www.rebacas.com/inversores-de-red-para-autoconsumo/1338-inversor-red-huawei-sun2000l-2-5kvl-hybrid.html?search_query=huawei&results=20

https://www.rebacas.com/inversores-de-red-para-autoconsumo/1559-inversor-hibrido-azzurro-solar-hyd-6000w.html?search_query=azzurro&results=27

<https://www.rebacas.com/paneles-solares-24-voltios/1528-panel-solar-ulica-455w-114-cel-mono-perc.html>

<https://autosolar.es/panel-solar-24-voltios/panel-solar-canadian-450w-24v-monocristalino-hiku>

<https://www.rebacas.com/estructuras-paneles-solares/933-estructura-paneles-solares-coplanares-4-paneles-solares.html>



Instalación fotovoltaica domestica de autoconsumo de 4,95 kW con conexión a la red monofásica y con 10,6 kWh de acumulación mediante baterías de litio de baja tensión.

<https://www.rebacas.com/baterias-de-litio/1305-bateria-de-litio-weco-5k3-hv-lv-100-descarga.html>

<https://www.rebacas.com/baterias-de-litio/1061-bateria-de-litio-pylontech-us-2000c-48v-90dod.html>

<https://www.rebacas.com/baterias-de-litio/1165-bateria-de-litio-pylontech-48v-3550w-us3000c.html>

<https://autosolar.es/baterias-litio-alto-voltaje/modulo-bateria-litio-huawei-luna2000-5kwh>